TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 100-Março-1939

"LUSALITE"

fibro-cimento nacional

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 3948 — 2 8941 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
100
Março — 1939

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Redacção e Administração: AV ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
Roberto M. Charters d'Azevedo
ADMINISTRADOR
PEDRO ARSÉNIO NUNES
BIBLIOTECÁRIO
CARLOS KRUS ABECASIS
CORPO REDACTORIAL
ISABEL MARIA GAGO
MANUEL REIS DE CARVALHO
ARTUR SILVA MARQUES

NÚMERO AVULSO..... 5$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	12$00	23$00	44$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	30$00	55$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

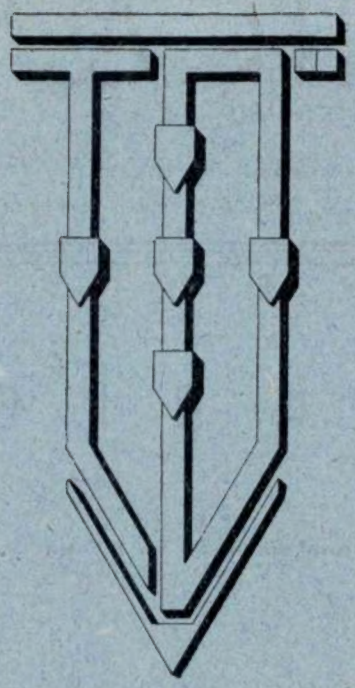
EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Poste de testa da linha aérea de 10 KV em Sintra.

		Págs.
Técnica, N.º 100		185
Novamente: «Ad multos annos!»	Eng. J. Fernando de Sousa	186
Duas palavras	Prof. Eng. A. Herculano de Carvalho	187
De antigos directores da «Técnica»		188
Museu de Engenharia Civil. Laboratório de Ensaios de Materiais	Prof. Eng. José Belard da Fonseca	189
Determinação da altura da ensecadeira de montante para a construção de uma barragem	Eng. Castro Cabrita	191
Espírito de classe	Eng. António Metello de Nápoles	198
O problema técnico da electrificação rural	Eng. Elec. Paulo de Barros	200
Levantamento estereofotogramétrico terrestre na escala 1:250 do local para a barragem de Santa Luzia	Eng. Civil Carvalho Xerez	202
Tarifas de energia reactiva	Eng. Elec. J. Ferreira Dias	209
Sôbre a integração das funções quadráticas	Dr. Cortesão Paes	223
Vida escolar e associativa		226
Do Mundo Técnico		234
Notas bibliográficas		238
Publicações recebidas		239



FUNDAÇÕES GARANTIDAS

Um processo especial para cada caso

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

Projecto e execução de tôdas as fundações de responsabilidade feitas ùltimamente em Lisboa

Consolidações do solo

Captações de águas

Sondagens geológicas

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES L.DA

Rua Augusta, 280, 3.º e 4.º — LISBOA

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 *Lisboa*

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

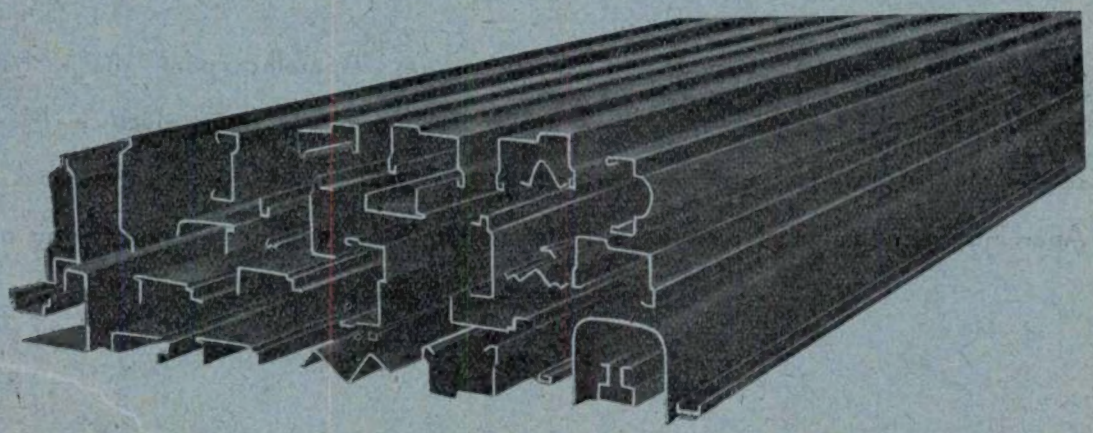
ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 26572

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



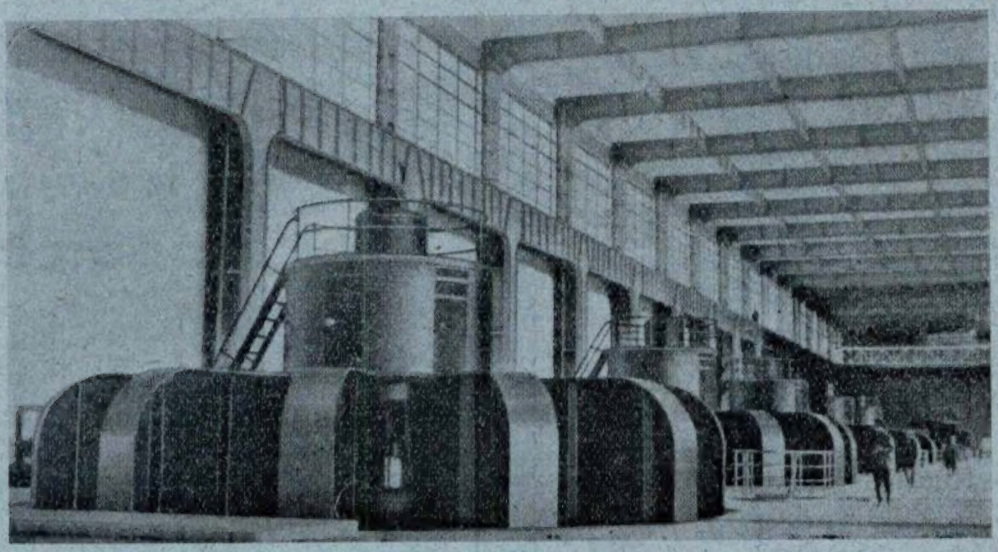
LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GÉNEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Central hidroeléctrica com 5 geradores General Electric de 77.500 kVA, 88 r. p. m. cada um

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Electrificação de fábricas. Tracção eléctrica. Máquinas para soldadura eléctrica. Automotoras Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Máquinas frigoríficas. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL e de MINERALOGIA, executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

EMULSÕES

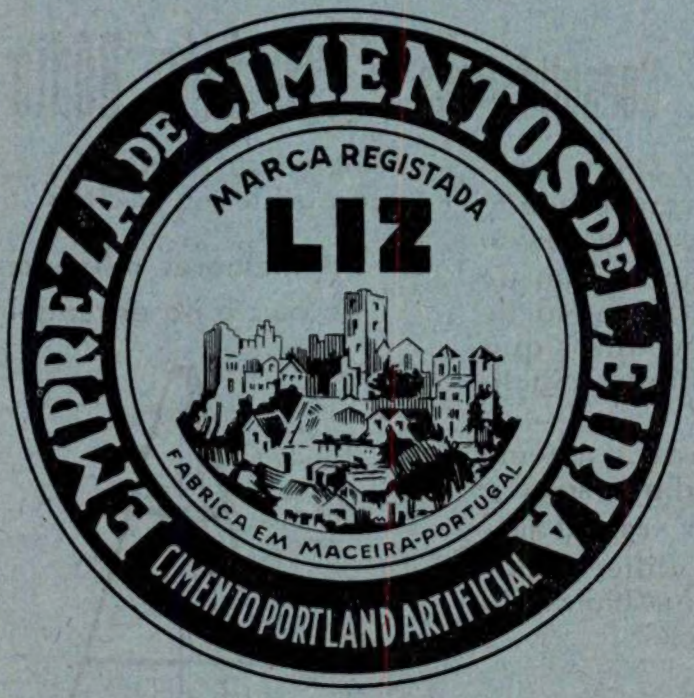
de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879

Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM



Barricas de 180 kilos

Sacos de juta de 50 kilos

Sacos de papel de 50 kilos

Sede: Rua do Caes de Santarem, 64, 1.º — LISBOA

Filial do Norte: Rua Formosa, 297, 1.º — PORTO

AGÊNCIAS EM TODO O PAÍS

União Eléctrica Portugueza, S. A.

SEDE SOCIAL

Rua Duque de Loulé, 240 — PORTO

CAPITAL { Acções..... 40:000 contos
Obrigações 30:500 contos

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { Hidráulica..... 40:000 HP
Térmica ..... 20:000 HP

Potência já contratada 20:000 HP
Potência disponível... 22:000 HP

Extensão total das linhas em exploração: 1:000 quilómetros

A **U. E. P.** tem as melhores tarifas e concede as maiores facilidades para electrificação de fábricas e para abastecimento de rêdes de distribuïção nos Distritos de: **Viana do Castelo, Braga, Pôrto, Aveiro, Coimbra, Vizeu e Leiria.**

Consultai a U. E. P.

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.

Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

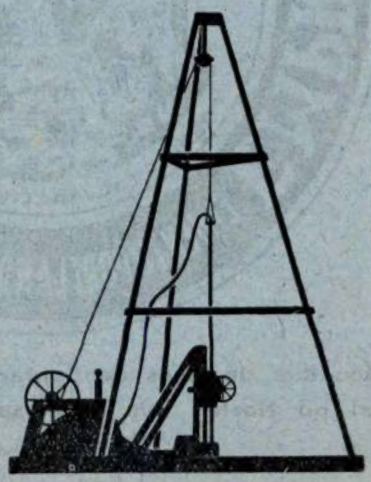
COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «**cement gun**»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA

ROBERTO CHARTERS D'AZEVEDO
DIRECTOR

ANO XIV - N.º 100 MARÇO 1939

TÉCNICA, N.º 100

A DIRECÇÃO da «Técnica» ao publicar o seu centésimo número, que representa para a revista 13 anos de vida destinada a bem servir o I. S. T. e a Engenharia Portuguêsa, agradece reconhecida, julgando interpretar o sentir de tôdas as antigas direcções, aos seus colaboradores — professores, assistentes, engenheiros e alunos — que têm permitido assegurar a continuïdade da sua publicação e levá-la a atingir o lugar que ela hoje ocupa.

Aos antigos Directores do I. S. T. que sempre auxiliaram e encorajaram esta revista vendo com carinho o seu constante desenvolvimento e, ao actual Director, um dos seus mais dedicados amigos, a «Técnica» ao apresentar-lhes os seus agradecimentos, mostra-lhes em todo o seu passado o trabalho produzido, sempre destinado, repetimos, a ser útil à nossa escola, acompanhando o seu constante e progressivo desenvolvimento e, com ela o meio Técnico Português.

Tem a «Técnica» procurado satisfazer os desejos de todos. O Sr. Conselheiro Fernando de Sousa, no seu artigo de apresentação feito há 13 anos no seu primeiro número dizia: A revista «Técnica» vinda agora a lume, será o reflexo da formação profissional dos nossos engenheiros, o testemunho do esmero havido em os preparar para o seu mester. *A êste prefácio de apresentação da nossa revista, que nada perdeu da sua actualidade, antes pelo contrário, intitulou-o sua Ex.ª:* Ad Multos Annos! *Dos seus bons conselhos e dos seus desejos, muito se aproveitou e hoje é com prazer que a abrir êste número, inserimos algumas palavras dêste grande amigo da nossa Escola e, lhe agradecemos de novo as suas boas palavras.*

É com alegria que a «Técnica» insere também artigos de alguns dos seus antigos directores que dela nunca se esquecem e sempre com saüdade dela se lembram auxiliando-a continuamente, contribuindo assim para o seu constante progresso.

NOVAMENTE: "AD MULTOS ANNOS!"

PELO ENG. J. FERNANDO DE SOUSA
(E. E.)

Em Dezembro de 1925 veiu a lume o primeiro número da *Técnica,* revista mensal de engenharia, publicada por iniciativa audaz de um grupo de alunos do Instituto Superior Técnico.

Quiseram estes que o decano dos engenheiros ferroviários portuguêses viesse fadar para bem a nóvel revista em artigo de apresentação.

Não me esquivei ao desempenho do honroso encargo e parece-me não ter lançado mau olhado à *Técnica,* pois vai aparecer em Março próximo o seu 100.º número, o que é sinal de invejável longevidade em publicação do género.

Está pois de parabens a *Técnica.* Não só pela duração lhe são devidos. A qualidade da colaboração conquistou-lhe honroso lugar entre as revistas da especialidade:

Basta, para exemplo, folhear o n.º 98 de Janeiro último, que abre com um douto estudo do ilustre matemático, honra da ciência portuguêsa, Dr. Mira Fernandes.

Segue-se um interessante estudo àcêrca dos gazes que inquinam o ar no túnel do Rossio, da autoria do sr. Engenheiro Pio Leite, assistente do I. S. T., e depois dele uma extensa e proficiente memória acêrca do cálculo da estrutura de betão armado do monumento ao Infante D. Henrique, pelos Engenheiros Celestino da Costa e Granger Pinto.

Vem depois *Apontamentos sôbre as Termas de Monte Real* pelo Engenheiro Luiz Saldanha de Oliveira e Sousa e uma *Nota sôbre questões radioeléctricas* do Engenheiro Brito Aranha.

A amenizar a aridez científica inscreve-se interessante apologia do desporto, incontestàvelmente útil ao engenheiro em várias circunstâncias, e diversas notas técnicas.

Assim a *Técnica* nos seus treze anos de existência fêz verdadeira a oração latina:

Vires acquirit eundo.

Atingiu assim vigorosa virilidade para lustre da Escola em que surgiu e das boas vontades que a ampararam.

*

Abre-se campo cada vez mais largo — na Metrópole e nas Províncias Ultramarinas — à actividade multiforme da Engenharia portuguêsa.

A Indústria já lhe não fecha as portas. À química reclama-se colaboração especializada. O uso do betão armado multiplica as intervenções técnicas. A electrotecnia e os aproveitamentos hidráulicos para rega e produção de energia tomam vulto crescente.

Assim pede-se à Engenharia nacional, em escala cada vez maior, colaboração a que deve corresponder o máximo esmero na formação profissional. É dêle termómetro sensível a manifestação da actividade escolar pela manutenção de uma excelente revista da especialidade.

*

Se no primeiro número lhe desejei longa e honrosa vida com o clássico voto *Ad multos annos!,* agora, que o futuro se tornou já passado de que se pode ufanar; hoje, ao findar a centena da sua numeração, posso, em véspera dos meus 84 anos, repetir o voto anterior:

Ad multos annos!

DUAS PALAVRAS

PELO PROF. ENG. A. HERCULANO DE CARVALHO
DIRECTOR DO I. S. T.

Prometera publicar na «Técnica» um artigo, cujo assunto a recente iniciativa da sua Direcção de promover uma série de conferências culturais me tinha sugerido. Tencionava fazer nêle algumas considerações sôbre a importante questão da cultura geral do engenheiro, considerações especialmente dirigidas aos estudantes.

Soube porém que o artigo devia aparecer no número 100 da «Técnica». Resolvi então esperar melhor oportunidade. Neste número festivo da revista que o seu esfôrço inteligente e perseverante conseguiu manter e de ano para ano melhora, não cabem conselhos aos novos alunos. Antes os mestres devem meditar o exemplo e manifestar com sinceridade o seu aplauso.

Por mim, é com real satisfação que dou os parabens à «Técnica».

Não me custa afirmar que a sua existência e progresso são motivo de orgulho para a Escola e prova de que nos nossos rapazes se encontra bem vivo êsse espírito próprio cuja formação é a razão de ser do Instituto; êsse espírito que o Dr. Alfredo Bensaúde em boa hora conseguiu criar e que os meus antecessores e colegas tão bem têm sabido manter e avivar.

Bem hajam todos os que nunca recusam a sua colaboração à revista — colaboração que para o pessoal docente da Escola é quási um dever.

De ano para ano a «Técnica» progride, aumentando de interêsse e alargando a sua expansão mesmo lá fora.

Afoitamente lhe posso desejar vida longuíssima, pois nem corre o perigo de envelhecer; por natureza própria mesmo quando atinja os centenários os seus directores e redactores sempre hão-de ter a melhor idade — aproximadamente vinte anos...

De antigos directores da «Técnica»

FUI director da «Técnica» em 1928-29 e conservo desde esta época a ideia de que o papel desta Revista está em procurar dar ao público a noção exacta do esfôrço *vivo e contínuo* que faz o I. S. T. desde a sua fundação (1911) para se adaptar às *realidades exteriores*, para constituir com o seu corpo de professores e assistentes (sempre rejuvenescido) um centro de labor científico e técnico onde os estudantes possam aprender a satisfazer simultâneamente as exigências múltiplas da *cultura* e da *acção*.

Êste esfôrço deve ser *reflectido*; o ensino, insisto neste ponto, deve ter um carácter científico, deve ser homogéneo como a sociedade em que vivemos; não podemos por isso, sem o desfigurar, adaptá-lo duma maneira mesquinha de mais, desde o início, às necessidades variadas dos estudantes que o recebem.

A «Técnica» para poder dar uma ideia exacta dêsse esfôrço comum deve continuar a ter a colaboração não só dos alunos mas também dos professores e assistentes.

PROF. ANTÓNIO DA SILVEIRA

NO lançamento de qualquer obra, todos se preocupam com a sua continuïdade.

No caso da «Técnica», em que anualmente se muda de colaboradores, só uma grande boa-vontade e dedicação podem conseguir interpretar aquela preocupação e estamos convencidos de que aquêles que a fundaram, com as preocupações e anseios de todos os começos talvez não supuzessem a possibilidade da sua expansão e manutenção dentro dos moldes actuais.

Obra que não é apenas a dos que com ela lidam constantemente na Redacção, Voluntários das suas linhas, mas, e principalmente, dos seus amigos de fora: Professores e Assistentes, Engenheiros, etc.

Para os que por lá passaram, *in illo tempore*, é hoje dia de alegria e de saüdade: alegria de lhe ver o futuro desanuviado, saüdade por não poder voltar...

MANUEL BRAVO
ENG. CIVIL (I. S. T.)

TENDO deixado, há pouco ainda, a «Técnica» compartilho com os meus companheiros de trabalho de ontem, a grande satisfação de ver publicado o centésimo número da revista. Recordam-se, com saüdades, as diversas fases e o trabalho necessário para a composição de um número: colaboração, anúncios, gravador, tipografia, etc., e finalmente, *no dia de saída da revista*, o prazer de ver seguir para o correio mais um número da «Técnica», transportado pelo pessoal «mobilizado», pelo Rodrigues — precioso «assistente» da «Técnica» com já 12 anos de vida devotada à revista.

É desnecessário falar da finalidade e utilidade da «Técnica». Os cem números falam por si e definem a vida da nossa Escola. O passado e o prestígio da nossa revista garantem-nos, para o futuro, uma projecção, cada vez mais brilhante, da tarefa que um grupo de novos chamou a si, em boa hora, e que tem sido mantida, pelas sucessivas gerações do «Técnico» atravez de tôdas as vicissitudes.

Na fase actual de vida intensa, por que passa a engenharia nacional, esperamos continuar a ver na «Técnica» a manifestação comum, dos que passaram pelo nosso Instituto e criada pelo seu ambiente único, de servirem bem a engenharia, tornando-se sempre úteis à Nação.

LUIZ DE GUIMARÃIS LOBATO
ENG. CIVIL (I. S. T.)

Museu de Engenharia Civil
Laboratório de Ensaios de Materiais

PELO PROF. ENG. (I. S. T.) JOSÉ BELARD DA FONSECA

Antigo Director da «Técnica»

Publica-se hoje o 100.º número da «Técnica» e eu, um dos seus antigos directores, devo escrever para êle algumas palavras.

É sempre fácil, depois duma vida de dezasseis anos de trabalho profissional, que por vezes tem sido intenso, encontrar qualquer assunto que se preste a escrever algumas linhas. Pareceu-me, no entanto mais interessante falar num problema da nossa Escola, pois a «Técnica» é uma revista do Instituto Superior Técnico e eu há perto de vinte anos que nêle trabalho.

Trata-se de projectos antigos e de cuja realização depende, em grande parte, a eficiência do ensino no curso de civil. Quero referir-me ao Museu de Engenharia Civil e ao Laboratório de Ensaios de Materiais.

Os alunos que ùltimamente têm entrado para o Instituto e as pessoas que de perto não tenham seguido a evolução da nossa Escola, admirar-se-ão, talvez, de que essas instalações ainda não existam. Os que ainda conheceram o edifício do Conde Barão, os que viram nascer o Novo Instituto, no Arco do Cego, êsses devem avaliar bem o caminho percorrido e ter esperanças que, dentro em breve, se conclui o que ainda falta para terminar a grande obra empreendida.

O Museu de Engenharia Civil tem já salas próprias, no Pavilhão Central, e falta apenas instalá-lo. Àparte o mobiliário, a despesa será mínima, porque certamente, a maior parte do material será oferecido, para o que há a contar com a boa vontade de várias estâncias oficiais, dos industriais e dos empreiteiros.

A existência dêste Museu muito facilitará o trabalho de alguns professores e muito contribuirá para o ensino de certas cadeiras como por exemplo: Materiais de Construção, Construções Civis e Trabalhos Marítimos.

Um engenheiro deve ser essencialmente um realizador e por isso proponho que se festeje o 100.º número da «Técnica» iniciando qualquer coisa de novo para a Nossa Escola: a instalação do Museu de Engenharia Civil. Apelo para a colaboração de Professores, Assistentes e Alunos e procurarei dar o exemplo, obtendo o material que me seja possível adquirir. A tarefa não é difícil e necessita apenas de boa vontade e perseverança.

O Laboratório de Ensaios de Materiais é de menos fácil realização e foi menos feliz que o Museu, porque viu as instalações que no projecto no Novo Instituto lhe foram destinadas, ocupadas por outros serviços do Estado.

Para formar engenheiros é no entanto indispensável, pois só nêle se podem obter ideias claras acêrca de muitos problemas. Os alunos têm, em geral, a tendência para cometer erros grosseiros e preocuparem-se excessivamente com aproximações que à Resistência de Materiais e à Estabilidade não podem interessar. Algumas práticas de laboratório levá-los-ia a apreciar com maior nitidez as realidades.

Por outro lado, as experiências em modelos reduzidos, a fotoelasticimetria, e outros ensaios, estão tomando tal desenvolvimento na resolução de muitos problemas, que é indispensável que o seu estudo se possa fazer na nossa Escola. Estes ensaios estão fazendo uma verdadeira revolução na Engenharia Civil, revolução que temos de acompanhar.

Pròpriamente para os ensaios de materiais, existe em Lisboa um laboratório oficial, aliás

bem equipado, no entanto a finalidade dêsse laboratório e a distância a que se encontra da nossa Escola tiram-lhe a possibilidade de servir para o ensino. O segundo inconveniente ainda se poderia remediar mas o primeiro não. A meu ver, é preferível ter um laboratório, embora mais modesto, mas destinado apenas aos alunos do Instituto, laboratório êste onde se pudessem também fazer os restantes ensaios a que atrás me referi.

A instalação de um tal laboratório exige evidentemente uma verba importante, mas não tão elevada como se pode pensar. Num próximo número da «Técnica» trataremos de calcular essa verba com suficiente aproximação.

Determinação da altura da ensecadeira de montante para a construção de uma barragem

PELO ENG. (I. S. T.) CASTRO CABRITA
(da J. A. O. H. A.)
Antigo Director da «Técnica»

(O estudo que segue constitue ensaio para a fixação das dimensões da ensecadeira de montante de uma das obras em estudo na Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola), e publica-se com a devida autorização.)

1 — Considerações preliminares

Para construir uma barragem de perfil permanente é sempre indispensável que, no trôço do rio em que ela vai erguer-se, deixe de passar água pelo menos durante o intervalo de tempo em que se fazem as suas fundações.

Se a linha de água seca completamente depois de passada a época das chuvas, e a estiagem se prolonga por tempo bastante para permitir levantar a estrutura até cota tal que qualquer cheia a não galgue — quando seja perigoso que isso se dê —, ou até a altura em que não haja inconveniente em lhe deixar correr a água por cima (caso das barragens construídas com materiais agregados), não há necessidade de prevêr a construção de ensecadeiras. O que também se dá quando o caudal é tão fraco que pode ser dominado com bombas, em condições económicas.

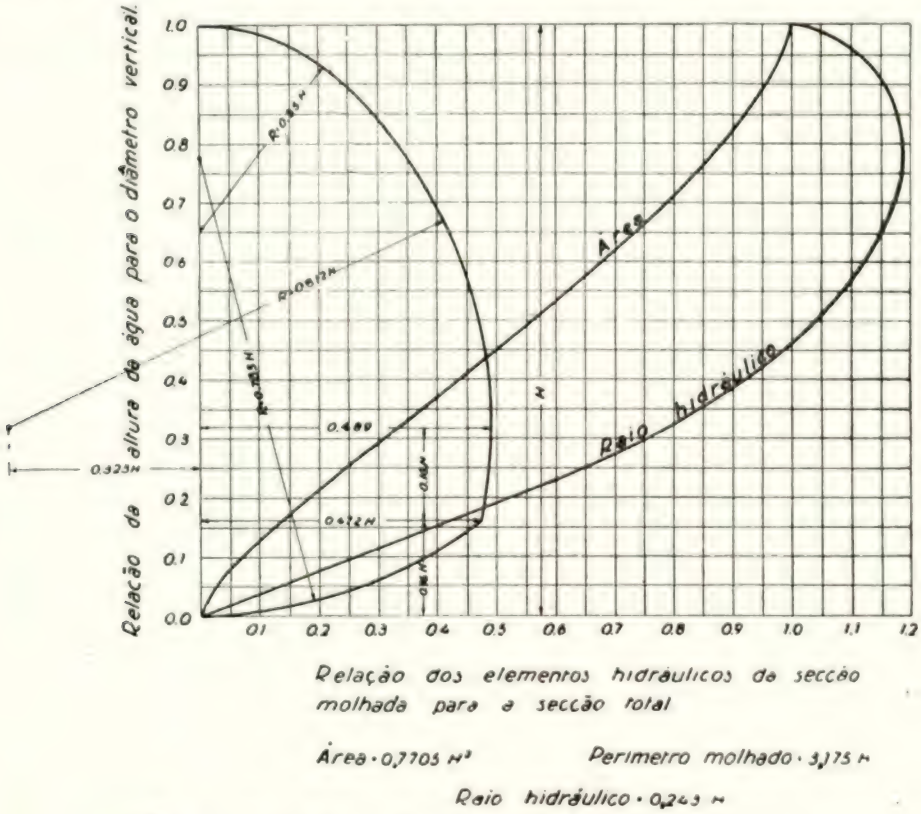


Fig. 1 — Forma da secção da galeria e ábaco para o cálculo dos seus elementos hidráulicos

Porém, nas condições que geralmente se apresentam o caudal do rio tem de ser desviado do leito normal, nomeadamente quando se trata de barragens de terra, de enrocamento — sem considerar as construidas por lançamento da pedra à água (tipo de ensecadeira de Génissiat, no Ródano) — e das mistas de enrocamento e terra. Ou tem de correr apenas em parte da largura do leito, como muitas vezes se faz quando se constroem barragens de alvenaria.

O problema que se apresenta aqui é justamente o do caso do desvio das águas por uma galeria lateral, pois a barragem a construir é de enrocamento.

2 — Condições do problema

Estabelecido o caudal de cheia de que deverá ficar defendido o estaleiro (600 mc/seg.), e escolhida a forma da secção da galeria, determinou-se o valor dessa secção para o declive imposto pelas condições topográficas e pela altura a que a água se elevará no rio a jusante da saída da galeria, sob a condição de esta trabalhar sempre como conduta livre.

Na figura 1 dá-se a forma da secção da galeria, e simultâneamente o ábaco para a determinação dos seus elementos hidráulicos, que se resumem no quadro 1.

Para se dar a vazão através-da galeria é

QUADRO 1

Elementos hidráulicos da secção da galeria para diferentes alturas de água

a = altura de água na galeria
d = altura total da galeria

i = 0,01116

a/d	a m	S mq	R m	$\sqrt{R}$	C $\gamma = 0{,}22$	Ri	$\sqrt{Ri}$	U m/seg.	Q mc/seg.
1/20	0,41	1,295	0,259	0,509	60,7	0,00289	0,054	3,278	4,245
2/20	0,82	3,367	0,518	0,720	66,6	0,00578	0,076	5,062	17,043
3/20	1,23	6,476	0,777	0,881	69,6	0,00867	0,093	6,473	41,919
4/20	1,64	9,325	1,046	1,023	71,6	0,01167	0,108	7,733	72,110
5/20	2,05	12,693	1,295	1,183	72,9	0,01445	0,120	8,748	111,038
6/20	2,46	16,060	1,515	1,231	73,8	0,01691	0,130	9,594	154,080
7/20	2,87	19,428	1,674	1,294	74,4	0,01868	0,137	10,193	198,030
8/20	3,28	22,536	1,844	1,358	74,9	0,02058	0,144	10,786	243,073
9/20	3,69	25,904	1,953	1,397	75,2	0,02180	0,148	11,130	288,312
10/20	4,10	29,012	2,073	1,440	75,5	0,02313	0,152	11,476	332,942
11/20	4,51	32,380	2,152	1,468	75,7	0,02402	0,155	11,734	379,947
12/20	4,92	34,970	2,242	1,497	75,9	0,02502	0,158	11,992	419,360
13/20	5,33	37,820	2,302	1,517	76,0	0,02569	0,160	12,160	459,891
14/20	5,74	40,410	2,342	1,530	76,1	0,02614	0,161	12,252	495,103
15/20	6,15	43,001	2,352	1,533	76,1	0,02625	0,162	12,328	530,116
16/20	6,56	45,384	2,352	1,533	76,1	0,02625	0,162	12,328	559,494
17/20	6,97	47,922	2,342	1,530	76,1	0,02614	0,161	12,252	587,140
18/20	7,38	49,736	2,312	1,520	76,0	0,02580	0,161	12,236	608,570
19/20	7,79	50,772	2,232	1,494	75,8	0,02491	0,158	11,976	608,045
20/20	8,20	51,808	1,993	1,412	75,3	0,02224	0,149	11,220	581,286

necessário que a água se eleve atrás da ensecadeira à altura necessária para produzir a velocidade que corresponde ao caudal vazado. O valor dessa altura para cada um dos caudais é dado pela conhecida fórmula dos descarregadores de superfície

$$Q = m\ S \sqrt{2g}\ \ h^{1/2}, \qquad (1)$$

tomando-se m = 0,75, coeficiente que se considera seguro para a forma da entrada da galeria.

Da fórmula (1) tira-se

$$h = \frac{Q^2}{m^2.\ S^2.\ 2g} = \frac{1}{m^2}\ \frac{U^2}{2g} \qquad (2)$$

cujos diferentes valores se indicam no quadro 2.

Mas à medida que a água sobe atrás da ensecadeira entra em jôgo a capacidade de armazenamento do lago por ela criado, que modifica o valor do caudal de cheia, e está-se em presença de um caso de regularização através-de uma albufeira. Isto quere dizer que, do caudal afluído durante determinado intervalo de tempo, parte fica retida na albufeira e

QUADRO 2

Altura produtora da velocidade através-da galeria

$$Q = m\ S \sqrt{2g}\ \sqrt{h}$$

$$h = \frac{Q^2}{m^2\ S^2\ 2g} = \frac{1}{m^2} \cdot \frac{U^2}{2g}$$

$$: m = 0{,}75 \qquad h = 1{,}778 \frac{U^2}{2g}$$

a m	U m	U^2	$\frac{U^2}{2g}$ m	$h = 1{,}778 \frac{U^2}{2g}$ m	Cota da superfície da água: na galeria	Cota da superfície da água: atrás da ensecadeira (*)	Q mc/seg.	Obs.
0,41	3,278	10,745	0,55	0,98	67,68	68,66	4,245	Cota da soleira da galeria = 67,27.
0,82	5,062	25,624	1,31	2,33	68,09	70,42	17,043	
1,23	6,473	41,900	2,14	3,80	68,50	72,30	41,919	
1,64	7,733	59,799	3,05	5,42	68,91	74,33	72,110	
2,05	8,748	76,528	3,90	6,93	69,32	76,25	111,038	(*) Sem entrar em linha de conta com a regularização.
2,46	9,594	92,045	4,69	8,33	69,73	78,06	154,080	
2,87	10,193	103,897	5,30	9,42	70,14	79,56	198,030	
3,28	10,786	116,338	5,93	10,54	70,55	81,09	243,073	
3,69	11,130	123,877	6,31	11,21	70,96	82,17	288,312	
4,10	11,476	131,699	6,71	11,92	71,37	83,29	332,942	
4,51	11,734	137,687	7,02	12,47	71,78	84,25	379,947	
4,92	11,992	143,808	7,33	13,03	72,19	85,22	419,360	
5,33	12,160	147,866	7,54	13,40	72,60	86,00	459,891	
5,74	12,252	150,112	7,65	13,59	73,01	86,60	495,103	
6,15	12,328	151,980	7,75	13,77	73,42	87,19	530,116	
6,56	12,328	151,980	7,75	13,77	73,83	87,70	559,494	
6,97	12,252	150,112	7,65	13,59	74,24	87,83	587,140	
7,38	12,236	149,720	7,63	13,56	74,65	88,21	608,570	
7,79	11,976	143,425	7,31	12,99	75,06	88,05	608,045	
8,20	11,220	125,888	6,42	11,41	75,47	86,88	581,286	

parte sai pela galeria, o que se traduz pela equação

$$q_e = q_s + v \qquad (3)$$

a qual se pode resolver por tentativas ou analiticamente.

Os dados do problema são:

1 — A curva de cheia, ou hidrógrafo da cheia, indicando os caudais instantâneos que entram na albufeira ao fim de cada um dos intervalos de tempo considerados.

2 — A curva de capacidade da albufeira, mostrando o volume armazenado para cada altura a que a água se eleva.

3 — A curva dos caudais instantâneos para a descarga, mostrando o caudal correspondente a cada altura da superfície da água na albufeira (elementos do quadro 2).

Pretende-se:

determinar a máxima cota a que se elevará a água na albufeira, para o que tem de se determinar o hidrógrafo da descarga, isto é, os sucessivos valores que os caudais unitários vão tomando durante a evacuação da cheia.

Vai usar-se o método das tentativas que se adapta melhor às irregularidades do diagrama das cheias e é empregado quando se deseja resultados precisos. O método analítico é muito mais rápido mas só é preferível ao anterior quando basta obter resultados aproximados, como em estudos preliminares.

3 — Método das tentativas para estudo da regularização das cheias

Os apontamentos que seguem extraídos dos relatórios do Miami Conservancy District, Parte VII — Hydraulics of the Miami Flood Control Project, pelo Prof. Sherman M. Woodward —, são indispensáveis para se compreender a aplicação do método e poderão servir de guia em casos idênticos.

A primeira operação a fazer nêste método, consiste em dividir a cheia por intervalos tão curtos que as curvas de afluência e de descarga não se afastem muito de linhas rectas durante cada um dêles. As durações dos intervalos escolhidos podem ser iguais ou desiguais conforme a preferência de quem calcula. O problema a resolver reduz-se a pre-

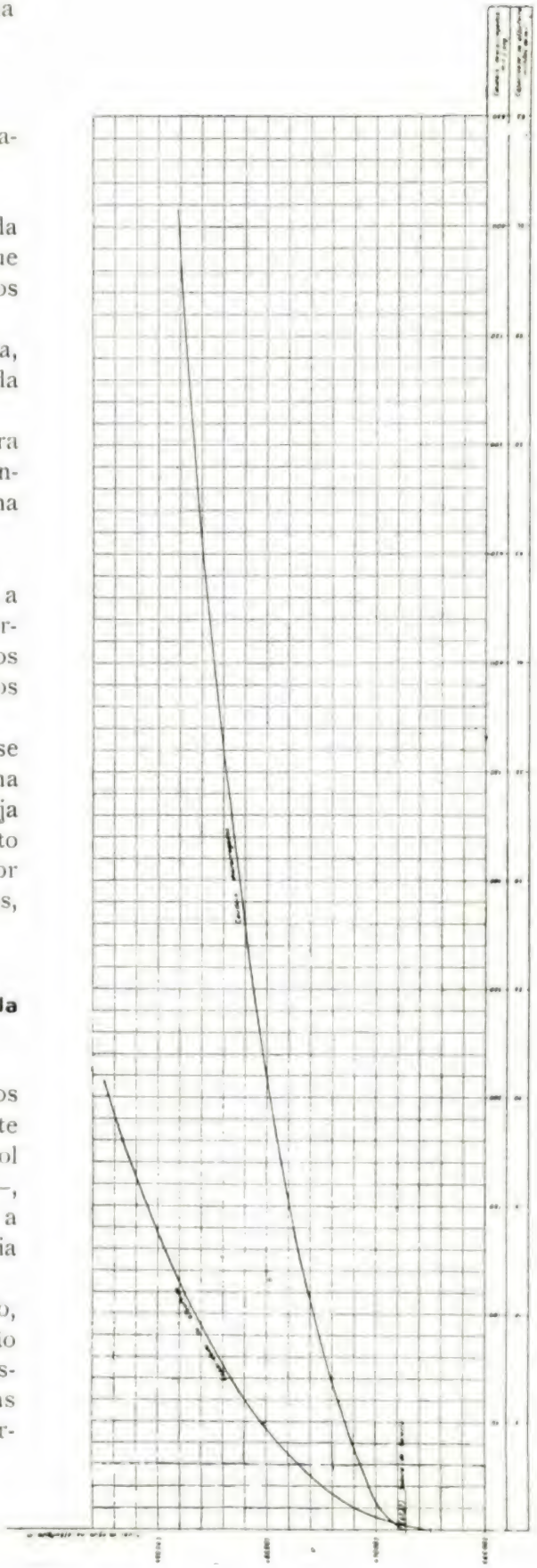


Fig. 2 — Curvas da capacidade da albufeira e dos caudais descarregados, em função do nível da água na albufeira

ver o caudal instantâneo descarregado no fim de qualquer intervalo, se fôr dado o que se descarrega no comêço dêle.

O caudal descarregado da albufeira durante uma cheia depende da altura a que a água se eleva naquela. Esta altura, por outro lado, depende do volume armazenado, que é a diferença entre o afluxo total e a descarga total. Assim, as variáveis em jôgo estão interrelacionadas, e o problema da determinação do caudal evacuado certo tem de resolver-se por tentativas.

A fig. 2 dá as curvas da capacidade da albufeira e do caudal descarregado em função da altura a que se eleva a água, necessárias a êste estudo. Delas se tira a curva da fig. 3 que relaciona a capacidade da albufeira com o caudal descarregado para cada altura de água, não indispensável mas muito conveniente para a aplicação do método.

o caudal saído no fim de dado intervalo pode explicar-se como segue:

Adopta-se a seguinte notação, em que o índice 1 indica a quantidade no comêço do intervalo, o índice 2 indica a quantidade no fim do intervalo, e a ausência de índice indica valores médios dentro do intervalo:

T = tempo total desde o comêço da cheia, em horas;

q_e = caudal entrado durante o intervalo, em mc/seg;

q_s = caudal descarregado durante o intervale, em mc/seg;

V = volume armazenado desde o comêço da cheia, em m. c.

t = duração do intervalo, em horas;

v = caudal retido do intervalo, em m. c.

O estudo da cheia começa no momento em que o caudal instantâneo atingiu 15 mc/seg.

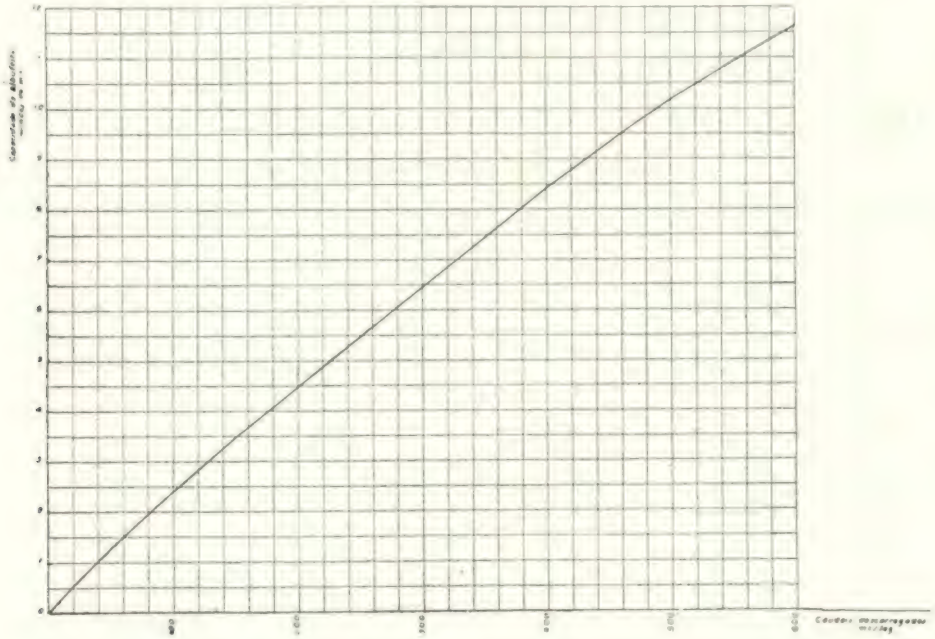


Fig. 3 -- Variação da relação capacidade da albufeira/caudais descarregados

Dá-se na fig. 4 a curva estimada para a cheia que se tomou, e na mesma figura se traça depois a curva dos caudais evacuados.

O quadro 3 resume todos os resultados das tentativas feitas, e por êle se vê qual a altura máxima a que a água subirá no lago criado pela ensecadeira.

A aplicação do método para determinar qual

Admite-se que nêsse instante o caudal afluído é igualado pelo caudal que sai. Isto corresponde a aceitar que o volume de água entrado na albufeira até êsse momento excede suficiente mente o volume saído pela galeria, para que o nível da água suba à cota (69,00) correspondente a um armazenamento de 400.000 mc., como se vê da fig. 1.

Efectivamente, se levantarmos a ordenada correspondente ao caudal descarregado de 15 mc/seg. até encontrar a curva dos caudais descarregados, e pelo ponto de encontro tirarmos uma paralela ao eixo das abscissas, vamos cruzar a curva da capacidade da albufeira no ponto correspondente a 400.000 mc., e o eixo das ordenadas no ponto correspondente à cota (69,00).

O êrro que possa provir de se ter admitido que os caudais se igualaram no momento considerado, prova a experiência que não faz qualquer diferença nos resultados.

Tome-se agora um intervalo de tempo $t = 2$ horas, a que corresponde o caudal afluido $q_e = 40$ mc/seg., e estime-se um valor para o caudal evacuado correspondente ao tempo que ocorre duas horas depois do ponto de partida, valor baseado na posição provável da curva de caudais descarregados.

Caudal descarregado de ensaio:

$$q_s = 10 \text{ mc/seg.}$$

Caudal retido correspondente:

$$v_2 = q_{e2} - q_{s2} = 40 - 10 = 30 \text{ mc/seg.}$$

Média do caudal retido no intervalo:

$$v = \tfrac{1}{2}(v_1 + v_2) = (30 + 0)/2 = 15 \text{ mc/seg.}$$

Aumento de volume durante o intervalo:

$$vt = 15 \times 2 \times 3600 = 108.000 \text{ mc.}$$

Armazenamento no fim do intervalo:

$$V_2 = V_1 + vt = 400.000 + 108.000 = 508.000 \text{ mc.}$$

Entrando com êste armazenamento na curva da fig. 3 vê-se que lhe corresponde uma descarga de 19 mc/seg., portanto o valor esti-

QUADRO 3

Determinação do nível a que subirá a água atrás da ensecadeira, para uma cheia de 600 mc/seg.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Intervalo	Tempo no fim do intervalo	Duração do intervalo	Afluxo no fim do intervalo	Descarga no fim do intervalo	Caudal retido no fim do intervalo	Média do caudal retido no fim do intervalo	Aumento do volume armazenado	Armazenamento no fim do intervalo (calculado)	Nível da água no fim do intervalo	Armazenamento no fim do intervalo (da curva)
	T_2 Horas	$t = T_2 - T_1$ horas	q_{e2} mc/seg.	q_{s2} mc/seg.	$v_2 = q_{e2} - q_{s2}$ mc/seg.	$v = \frac{1}{2}(v_1 + v_2)$ mc/seg.	$v\,t$ mc.	$V_2 = V_1 + v\,t$ mc.	H_2 m.	V'_2 mc.
0	0	—	15	15	0	—	—	400.000	69,00	400.000
1	2	2	40	18	22	11	79.200	479.200	69,40	470.000
2	4	2	70	27	43	32,5	234.000	713.200	70,60	710.000
3	18	14	382	242	140	91,5	4.611.600	5.324.800	81,00	5.300.000
4	20	2	443	296	147	143,5	1.033.200	6.358.000	82,50	6.350.000
5	22	2	515	353	162	154,5	1.112.400	7.470.400	83,90	7.475.000
6	24	2	600	417	183	172,5	1.242.000	8.712.400	85,20	8.700.000
7	25	1	532	445	87	135	486.000	9.198.400	85,80	9.200.000
8	25,5	0,5	500	450	50	68,5	123.300	9.321.700	85,90	9.300.000
9	25,75	0,25	480	452	28	39	35.100	9 356.800	85,95	9.350.000
10	26	0,25	460	454	6	17	15.300	9.372.100	85,98	9.375.000
11	26,1	0,10	456	456	0	3	1.080	9.373.180	86,00	9.400.000

mado está muito longe do número a que se chega, e tem de repetir-se a tentativa.

É geralmente assim com o primeiro ensaio depois da origem, porque a direcção da curva de descarga ainda não se antevê.

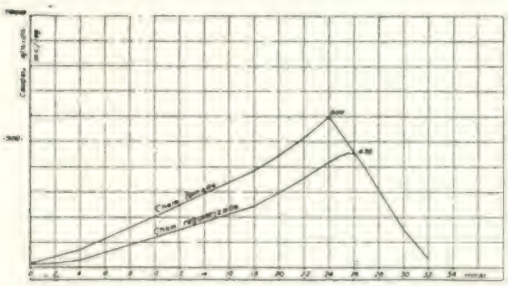


Fig. 4 — Hidrógrafos dos caudais afluídos e descarregados

Tome-se o caudal para nova tentativa, que deverá estar compreendido entre 10 e 19, e mais próximo do último.

Caudal descarregado:

$$q_s = 18 \text{ mc/seg.}$$

Caudal retido correspondente:

$$v_2 = q_{e2} - q_{s2} = 40 - 18 = 22 \text{ mc/seg.}$$

Média do caudal retido no intervalo:

$$v = \tfrac{1}{2}(v_1 + v_2) = (22 + 0)/2 = 11 \text{ mc/seg.}$$

Aumento de volume durante o intervalo:

$$vt = 11 \times 2 \times 3600 = 79.200 \text{ mc.}$$

Armazenamento no fim do intervalo:

$$V_2 = V_1 + vt = 400.000 + 79.200 = 479.200 \text{ mc}$$

Entrando na curva capacidade/descarga, fig. 3, com a descarga de 18 mc/seg. obtém-se um armazenamento de 470.000 mc. que se aproxima razoàvelmente do número a que se chegou.

Pela curva de capacidade da albufeira, fig. 1, obtém-se a cota dêsse armazenamento, que é neste ensaio de 69,40.

A partir do momento em que os caudais se igualaram, o que se dá à hora 26,1, é maior a descarga que a afluência, e o lago começa a esvaziar-se; e se prosseguissem as tentativas verificar-se-ia que na coluna (8) do quadro 3 passar-se-ia a ter valores negativos.

Com os dados das colunas (2) e (5) traça-se a curva da cheia regularizada (fig. 4), e o problema fica completo.

Assim se vê que, com uma ensecadeira de altura útil, acima da soleira da galeria, igual a 86,00 — 67,27 = 18,73 m, pode regularizar-se uma cheia cujo «pico» é de 600 mc/seg, descarregando-se pela galeria um caudal máximo de 456 mc/seg., e armazenando-se, no máximo, um volume igual a 9.373.180 mc.

ESPÍRITO DE CLASSE

PELO ENG. (I. S. T.) ANTÓNIO METELLO DE NÁPOLES

Antigo Director da «Técnica»

No mundo do trabalho intelectual, todo o homem bem formado que soube ou poude dar à sua actividade uma orientação definida, dedicando-lhe os seus esforços para conseguir determinados fins, ou para aperfeiçoar os meios de os alcançar, cria pela profissão que exerce um entusiasmo ou um amor que a seus olhos a sobrepõe a tôdas as outras, revelando-lhe a cada passo uma qualidade, um mérito ou uma elevação que mais nenhuma possui. Êste sentimento, que lhe serve de escudo e defesa não só contra as desilusões pessoais do seu trabalho, mas até contra as próprias falhas ou deficiências inatas da profissão, faz nascer uma espécie de orgulho colectivo a que poderemos chamar espírito de classe.

O jurisconsulto encontra na sua missão social uma elevação e uma grandeza sem par, quer trate de administrar a Justiça, de interpretar as leis de acôrdo com os ditames da razão, da lógica e da moral, de proteger os sagrados interêsses da sociedade, ou de pugnar nos tribunais em defesa dos oprimidos. A função do médico, encarregado de velar pela conservação da vida e de combater a doença e a dor, tem, no domínio material, alguns pontos de contacto com a função do sacerdote que cuida das almas, no domínio espiritual; e se, na época em que vivemos, ainda há quem sustente e discuta primazias do corpo sôbre o espírito e dêste sôbre aquele, não surpreende que qualquer dêles possa encontrar fundamentos de tôda a ordem para julgar a sua profissão mais alta e mais útil do que qualquer outra. O agricultor considera-se o criador por excelência, o produtor dos elementos mais essenciais à vida, cuja colaboração, através de milhares de anos, a sociedade nunca poude dispensar. O professor vê na sua tarefa de preparação das novas gerações e na selecção das futuras *élites* a mais segura garantia do progresso da humanidade e do impulso da ciência. O militar, se não pode fundamentar a superioridade da sua classe em conceitos de ordem social, científica ou económica, firma-a sòlidamente na defesa do ideal supremo da Pátria e na tradição muito antiga e portanto muito nobre das virtudes militares. E não há muito que li — escrito por um jornalista — que o jornalismo é a mais nobre das profissões...

O engenheiro não foge a esta mesma regra, antes me parece que, dum modo geral, a confirma ainda em mais alto grau. Pode estribar a sua convicção em conceitos sociais, em causas económicas ou em razões científicas que seria desnecessário, e porventura pareceria imodesto, reproduzir aqui. Pode até alegar, como título de glória, um motivo oposto à nobreza da profissão das armas, mas tão respeitável como esta: a ascensão extremamente rápida, brusca como nenhuma outra, do nível social da sua profissão no conceito do mundo; o que, se não marca nitidamente uma superioridade, define, pelo menos, maior *actualidade*, isto é, se não prova que a engenharia satisfaz uma necessidade social mais premente, mostra contudo que ela corresponde a uma exigência mais actual, por ser característica dos nossos dias. E é curioso observar que, mesmo dentro da Engenharia, êste fenómeno se reproduz, para cada especialidade, embora em menor escala. Raro será o engenheiro que não pense que a sua especialidade está, social, científica ou econòmicamente, um pouco acima das outras, às quais será sempre superior sob êste ou aquele aspecto.

É provável que todos tenham razão, encarando o assunto unilateralmente, como é sempre encarado. Num plano mais geral ninguém a deverá ter, porque o valor e o mérito duma profissão, longe de ser uma propriedade in-

trínseca, depende em enorme escala das qualidades de quem a exerce; e em tôdas as classes há bom e mau em percentagens difíceis de determinar e comparar. E se quisermos abstrair disso e pensarmos apenas no orgulho de exercer determinadas funções, sem atender ao modo como nos desempenhamos delas, devemos lembrar-nos de que todo *o trabalho é glória e é honra, com diferente utilidade, diverso valor económico, mas idêntica dignidade moral* (1).

Contudo, mesmo que não seja justificada, é legítima e tem algumas vantagens esta espécie de emulação. Pondo de parte tôdas as considerações de ordem económica que unem, mas por vezes também separam, os indivíduos da mesma classe, ela, dentro de cada profissão, constitui a mais forte cadeia de ligação, estimula a defesa das prerrogativas comuns, o aperfeiçoamento dos métodos de trabalho e o desenvolvimento das manifestações culturais.

A «Técnica» é sem dúvida um dos mais curiosos frutos dessa emulação profissional. Nascida do desejo de bem vincar a actividade e a categoria intelectual do Instituto Superior Técnico, ela encontrou nos dois adjectivos do nome da Escola a razão poderosa da sua própria existência; criada pelo entusiasmo de rapazes que, embora não pertencessem ainda à profissão, antecipadamente a amavam já, pretendeu e conseguiu ser um forte laço entre a Escola e a vida prática; mantida pelo esfôrço de todos os que lhes sucederam, encontrou ambiente favorável mercê, precisamente, do culto que a maioria dos engenheiros consagra à sua profissão — do seu espírito de classe.

A publicação do centésimo número da «Técnica» é razão de assombro para aqueles que há treze anos a viram aparecer numa atmosfera céptica e hesitante; é motivo de orgulho para todos os engenheiros portuguêses e especialmente para os alunos do Instituto, antigos e actuais; mas é sobretudo causa de glória para o Instituto Superior Técnico, como afirmação da sua vitalidade e demonstração evidente das suas virtudes na orientação profissional dos engenheiros, factor que não vale menos do que a sua preparação científica.

Num momento em que tanto se discute o problema da entrada, nos cursos especiais, de alunos vindos de outras Escolas, é oportuno e interessante apontar êste exemplo vivo das vantagens de educar os futuros engenheiros, desde o comêço do seu curso, no seio da Escola que tão bons frutos produz. É que o Instituto Superior Técnico, quando outras altas virtudes não tivesse, possuia pelo menos, em elevado grau, a de saber criar nos seus alunos, logo desde os primeiros anos, o espírito de classe a que me tenho referido. Seria êrro grave cercear-lhe as possibilidades de exercer com êxito tão benéfica influência.

Se êsse espírito de classe, cujas vantagens são flagrantes e cujos inconvenientes são pràticamente nulos, embora comum a tôdas as profissões, tem talvez na engenharia uma expressão ainda mais requintada, é ao ambiente que se respira durante os seis anos do curso que se deve êsse requinte. E a «Técnica», sendo dêle uma conseqüência, pode ser também um estímulo eficaz e é, em qualquer caso, uma prova concludente.

Lisboa, Fevereiro de 1939.

---

(1) Dr. Oliveira Salazar—Discursos e notas políticas. pág. 135.

O problema técnico da electrificação rural

PELO ENG. ELEC. (I. S. T.) PAULO DE BARROS
Antigo Director da «Técnica»

O estudo do problema da electrificação rural, nos seus múltiplos e variados aspectos, faz parte dum extenso trabalho que pretendo realizar. As linhas que se seguem não constituem uma parte dêsse trabalho; são ùnicamente umas pequenas notas de ordem geral, um resumo, por assim dizer, dêste complexo assunto no seu aspecto técnico.

P. B.

* * *

Os pedidos de energia eléctrica feitos por clientes que se encontram longe dos centros de consumo e distribuïção em baixa tensão, obrigam-nos a encarar sèriamente o problema do abastecimento a locais afastados, quintas na sua quási totalidade, generalizando em seguida a solução particular obtida ao problema da electrificação rural no nosso país.

A dificuldade existente é ùnicamente de ordem económica: tarifas adequadas e instalações extremamente baratas; nem de outro modo é possível encarar o assunto, pois se, por um lado, a única maneira de realizar a electrificação rural em grande escala consiste em não solicitar do cliente nenhuma comparticipação para as linhas e postos necessários, por outro lado o reduzido consumo do cliente torna impossível, a não ser num ou noutro caso excepcional, uma compensação, mesmo pequena, do capital invertido.

Deixando para trabalho de maior fôlego o problema das tarifas e a forma de encontrar capitais para realizar as instalações necessárias, vamo-nos ocupar em breves palavras da maneira de realizar um abastecimento económico, problema que sobreleva todos os outros pois dêle depende a resolução, em última análise, de tão momentosa dificuldade.

Postes. — Dos 3 tipos de postes utilizáveis, em madeira, em formigão armado e em ferro, excluímos imediatamente os segundos, pelo seu elevado preço, não só de aquisição como de transporte; acresce ainda a sua grande fragilidade; têm, em contrapartida, uma duração pràticamente ilimitada e uma conservação nula, sendo especialmente indicados para rêdes de baixa tensão em zonas relativamente povoadas; aumentam porém de tal maneira as despesas de primeiro estabelecimento que tornam de início inviável a construção do ramal. Entre os outros dois tipos a hesitação é plausível; os postes em ferro apresentam inegáveis vantagens na facilidade de construção, no pêso reduzido, na montagem rápida; sendo bem concebidos, são económicos e elegantes; têm, é claro, despesas de conservação; os postes em madeira, tendo sofrido um tratamento adequado, podem viver muitos anos; e há exemplos no país de postes em pinho, devidamente tratados e durando algumas dezenas de anos. Contra a opinião de muitos técnicos, sou absolutamente partidário do emprêgo de postes em madeira para linhas de alta tensão, desde que seja econòmicamente vantajoso, considerando êste poste, quando bem impregnado, como uma solução definitiva para ramais curtos e baratos.

A escolha do tipo de poste deve ser feita depois dum exame profundo da questão, comparando preços quilométricos das linhas com um e outro tipo, valores que variam de época para época e de local para local.

Condutores. — O arame de ferro galvanizado é geralmente considerado como não utilizável, para linhas de alta tensão; para ramais em que a secção do condutor é determinada pela sua resistência mecânica e não pela potência a transmitir, não vejo inconveniente algum no uso dêste material; muito mais barato que o cobre, menos de metade do preço, tem uma vida suficientemente grande para justificar o seu emprêgo, não se devendo utilizar arame de diâmetro inferior a 4 mm. Em Inglaterra está-se empregando com vantagem o arame

de ferro zincado, [1] e em Portugal foi adoptado na electrificação do concelho de Paços de Ferreira [2] com os melhores resultados.

Postos de transformação. — É um dos pontos mais difíceis de resolver. O pôsto de transformação interior é impraticável, pois só o edifício custa alguns milhares de escudos; o pôsto aéreo, com seccionador, corta circuitos, numa estrutura adequada em ferro com varandim, é ainda muito caro para o fim em vista; a única possibilidade reside no emprêgo de transformadores de pequena potência, especialmente destinados a fins rurais, concebidos de forma a poderem suspender-se num poste igual aos outros, e ficando directamente ligado à linha sem seccionador nem fusível [3]; é esta a única forma de conseguir energia em baixa tensão em casa do cliente com pequena inversão de capital.

Poder-se-á objectar que não se pode depois separar o transformador da linha sem cortar esta, e a crítica será exacta; mas nestes pequenos postos para um só cliente não há em geral necessidade de manobras para isolar o transformador.

Tensão adequada e sistema de corrente. — Suponho que 6000 volts é uma tensão especialmente indicada para êste tipo de distribuïção; uma tensão mais elevada encarece a construção da linha e dos postos de transformação, e não tem vantagens no nosso país em que as distâncias a vencer são sempre curtas, a não ser num ou noutro caso excepcional. Podia-se ainda utilizar uma tensão mais baixa, 3000 volts por exemplo; tem porém o inconveniente ou da rêde primária de distribuïção ter uma capacidade reduzida, ou de se empregar postos abaixadores para cada grupo de derivações.

Ao elaborar um plano de electrificação rural é preciso não ter só em conta as despesas de primeiro estabelecimento da linha; uma tensão mais baixa reduz esta verba, mas aumenta as perdas de transformação e diminui a capacidade de transporte da rêde. São elementos que se contrariam, correspondendo a solução ao justo equilíbrio, que variará dum caso para outro.

Em geral não se torna necessário um sistema trifasado; basta montar linhas com dois condutores e transformadores monofasados; sucede, porém, que os motores monofasados são cêrca de 50 % a 60 % mais caros que os motores trifasados, o que é um inconveniente de real importância. Ainda neste caso é preciso considerar cada cliente *per se*, e verificar quando convém um ou outro sistema, pois que se a economia realizada nas instalações de alta tensão fôr superior ao aumento de despêsa para adquirir motores monofasados, é vantajoso êste último sistema.

Conclusão. — Duma maneira geral, uma linha rural deve ser feita em postes de madeira ou ferro, com condutores em ferro galvanizado, postos de transformação com transformadores ligados directamente à linha, tensão cêrca de 6000 volts, monofasado ou trifasado, conforme as circunstâncias.

A importância da resolução dêste problema ressalta nitidamente, se notarmos que «Portugal é dos países da Europa em que a percentagem da população agrícola activa, em relação à população total é maior; só a Bulgária e a U. R. S. S. excedem esta percentagem.

Verifica-se ainda que 77,1 das freguesias são caracterisadamente rurais; mas deve notar-se que em muitas das restantes não ha núcleos de população excedendo 2.000 habitantes, sendo essas freguesias, socialmente, idênticas às primeiras.» [1]

Alguns números: [2]

47 % da população total vive da agricultura.
26,7 % da população total é agrícola activa.
46,5 % » » activa é agrícola activa.
41,1 % » » agrícola activa é constituída por mulheres activas.

60 % da exportação total é de origem agrícola, silvícola ou pecuária.

Não são precisos comentários...

---

[1] J. S. Pickles — *Rural Electrification* — J. I. E. E. Abril de 1938.

[2] L. Carneiro Leão — *Um caso de electrificação rural* — Técnica, Fevereiro de 1938.

[3] O actual regulamento de sub estação e postos de transformação e de seccionamento, no artigo 34.º, determina que «todos os transformadores deverão ser protegidos convenientemente contra sobre intensidades, no lado de alta tensão...»

O sistema preconizado vai portanto contra a regra estabelecida, o que não deve causar preocupação séria, pois uma alteração justificada a um regulamento é coisa sempre possível...

[1] *Inquérito Económico Agrícola.* Volume IV — Pelo prof. E. A. Lima Basto.

[2] Idem.

Levantamento estereofotogramétrico terrestre na escala 1:250 do local para a barragem de Santa Luzia

Comunicação feita à Associação Portuguesa de Fotogrametria

PELO ENG. CIVIL (I. S. T.) CARVALHO XEREZ

Antigo Director da «Técnica»

O rio Pampilhosa (Unhais), afluente do Zêzere, corta abruptamente, junto da povoação de Vidual de Baixo, um afloramento de quartzite do silúrico, formando assim uma apertada garganta conhecida por Cabril do Vidual.

A Companhia Eléctrica das Beiras pretende construir nesse local uma barragem em arco de 75 metros de altura que lhe permita criar uma albufeira com 45 milhões de metros cúbicos de capacidade; a energia da água anualmente armazenada será aproveitada, sob uma queda bruta média de 312 metros, numa oficina hidro-eléctrica com 32.000 CV. instalados e de compensação estival das outras oficinas que servem o centro do País.

Para a elaboração do projecto da barragem tornou-se necessário executar um levantamento em grande escala, a-fim-de se poder fazer o estudo rigoroso da implantação, tendo sido escolhido para aquela execução o método estereofotogramétrico.

A propósito vou ler-vos uma passagem do livro «Barrages et Géologie» de *Maurice Lugeon,* onde êste eminente geólogo, especialista em geologia de barragens, se refere às cartas levantadas por processos estereofotogramétricos: «On examinera donc très attentivement tout le versant, ayant en main une carte topographique à grande échelle et non pas de ces plans levés au tachéomètre, avec ces courbes de niveau arrondies qui font que l'on ne sait jamais où l'on se trouve sur le terrain, mais une carte levée par les procédés modernes de la stéréotopographie».

Esta comparação entre os dois métodos de levantamento feita por quem deve ter trabalhado bastante sôbre cartas topográficas mostra-nos quam indispensável se torna o emprêgo dos processos estereofotogramétricos para levantamentos onde é necessário que as curvas de nível definam com rigor o mais pequeno acidente do terreno. Bastará para isso considerar uma equidistância pequena e estudar a aplicação do processo de modo que cada curva seja traçada com um determinado rigor fixado de harmonia com o valor daquela equidistância.

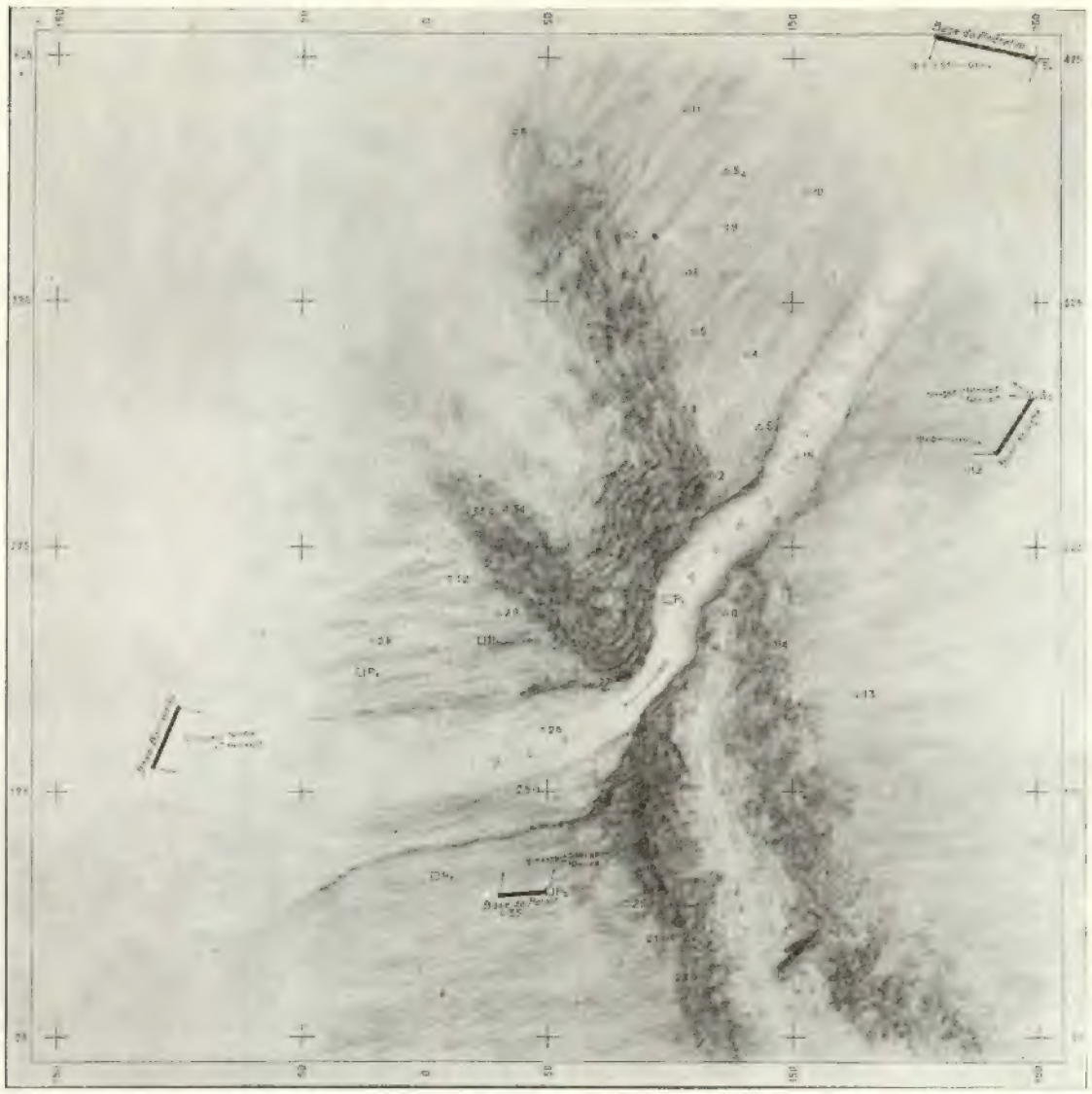
Natureza do levantamento — O levantamento destinava-se, como já dissemos, a estudar a implantação da barragem, problema que reveste particular importância no caso presente, pois trata-se de fazer o traçado sôbre a carta da planta dos paramentos.

Êste traçado exige portanto uma planta em grande escala pois é necessário transportar para o terreno elementos tirados da carta. A escala escolhida foi nessas condições de 1:250.

Quanto à altimetria fixou-se, para a equidistância das curvas, 1 metro, valor que não está de harmonia com a escala da carta, o que se justifica pelo facto de a região a levantar apresentar grandes declives e por conseguinte um valor menor para a equidistância prejudicaria a clareza do traçado das curvas, e ainda porque aquela escala foi em parte escolhida com o fim de facilitar os estudos gráficos.

No que se refere ao rigor a atingir, apenas se fixou que êle deveria estar de acôrdo com a natureza do levantamento. Adiante nos referiremos ao rigor conseguido.

Método empregado no levantamento — O grande declive das encostas que, na garganta, se apresentam quási verticais conduziu ao emprêgo do método estereofotogramétrico terrestre, o qual consiste na fotografia do terreno



Levantamento estereofotogramétrico do local para a barragem de Santa Luzia

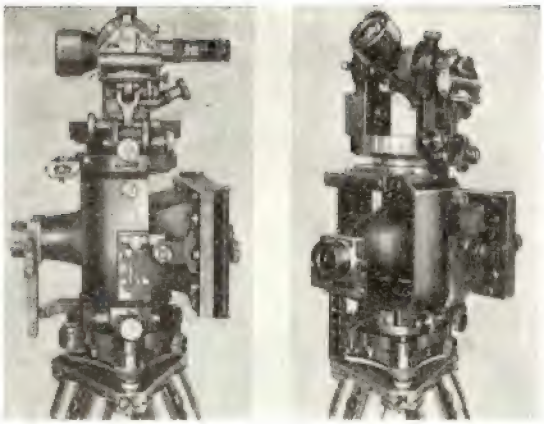
Distribuição dos pontos fotogramétricos, posição das bases e orientação dos eixos das câmaras
(ω é a inclinação e ψ, a obliquidade)

com o emprêgo de fototeodolitos de modo que a mesma região seja sempre fotografada de duas estações distintas, extremos das bases fotogramétricas. A-fim-de cobrir tôda a região a levantar torna-se necessário não só escolher convenientemente o comprimento e a situação das bases, como também a inclinação e a orientação dos eixos das câmaras nas duas estações, mas de modo que não sejam ultrapassados os erros fixados.

No caso presente escolheram-se 4 bases, 2 a montante e 2 a jusante da garganta de modo que fôsse abrangida a região que interessava aos trabalhos a executar sôbre a carta, embora ficassem algumas lacunas.

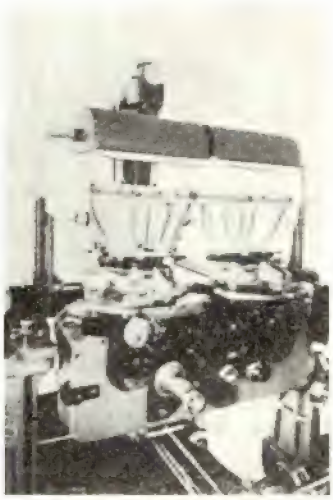
A orientação dos pares de chapas no autógrafo Wild fêz-se com o auxilio dos elementos observados no campo: comprimento da base, coordenadas das estações, diferença de nível das câmaras e cota duma delas, orientação e inclinação dos eixos ópticos. Para verificação da orientação e compensação dos erros residuais de rectificação do fototeodolito e do autógrafo empregam-se os chamados pontos fotogramétricos.

Aparelhos Wild para trabalhos de campo em fotogrametria terrestre
Fototeodolito, estádia de invar, mira e acessórios

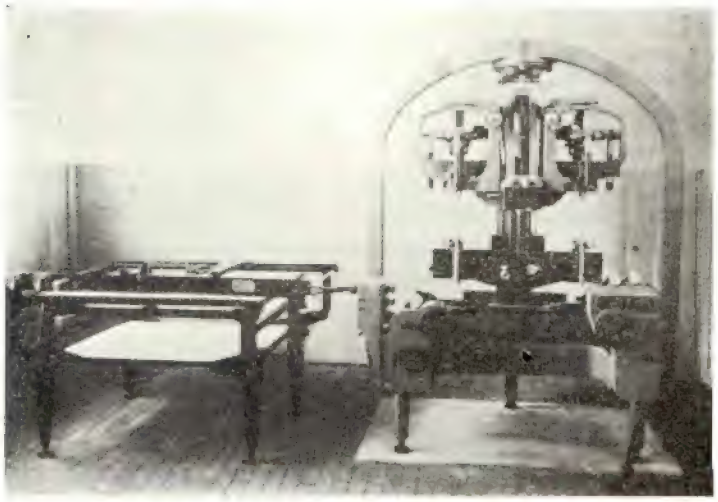


Fototeodolito Wild para chapas 10×15 cm² e de distância focal igual a 16,5 cm.

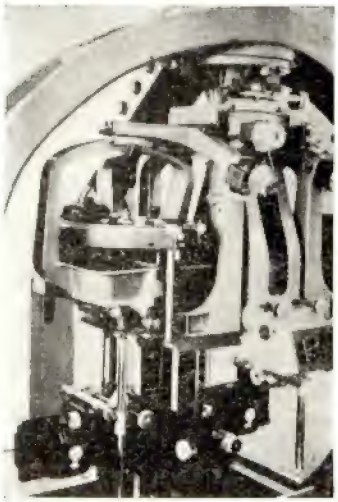
Autógrafo Wild A_2 com câmaras de distância focal igual a 16,5 cm. e para chapas 10×15 cm² (fotogrametria terrestre) e 13×13 cm² (fotogrametria aérea)



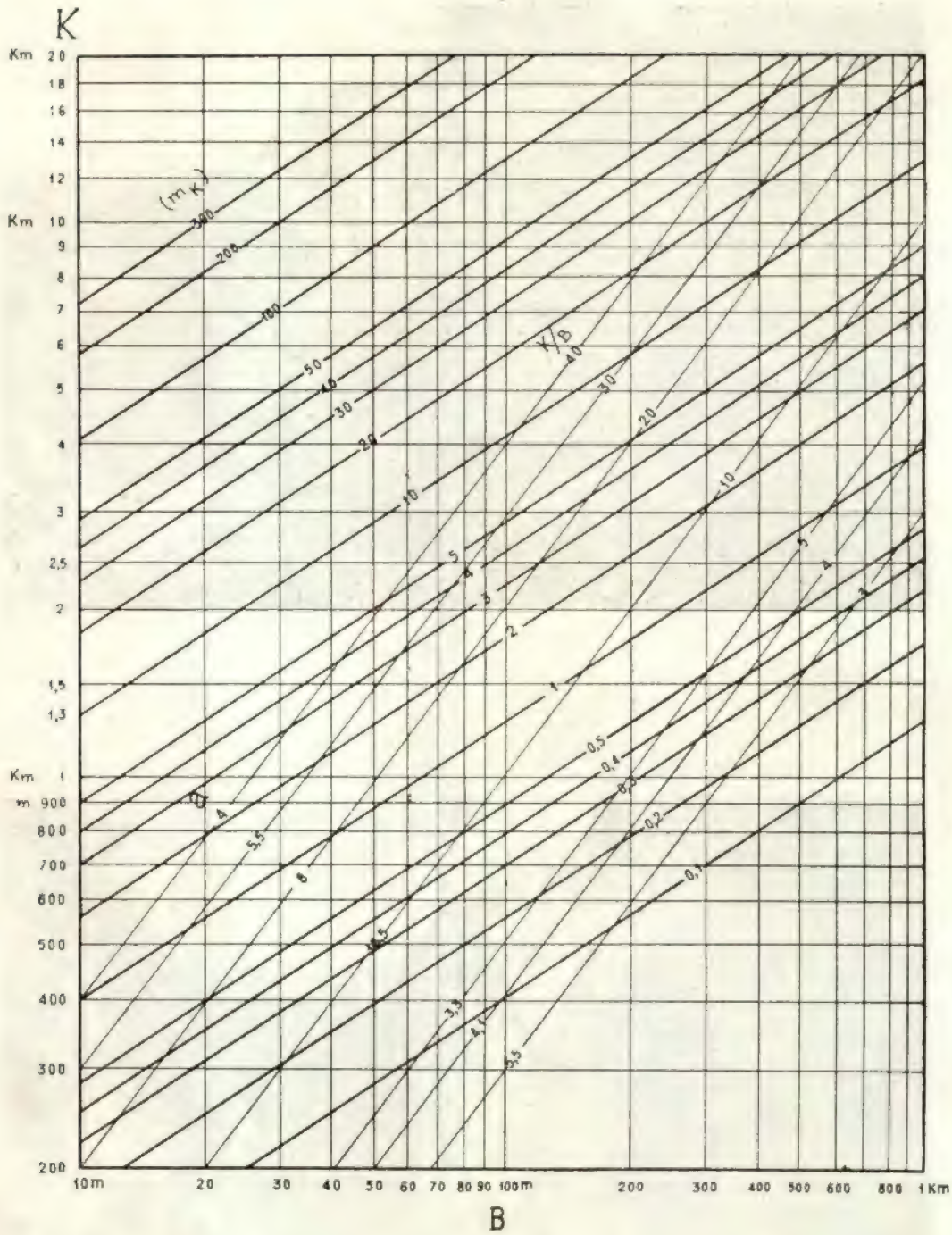
Câmaras do Autógrafo A_2



Autógrafo Wild A_5 com câmaras de distância focal variando de 9,8 a 21,5 cm. sem mudança de objectivas e para quaisquer formatos de chapas até 18×18 cm²



Câmara esquerda do autógrafo A_5 com a distância focal introduzida de 9,8 cm.



Nomograma dos erros médios cometidos em posição nos levantamentos fotogramétricos terrestres para o caso normal dos eixos das câmaras (f=16,5 cm) normais à base e horizontais.

Resolução da fórmula:

$$m_k = \frac{K^2}{B} \cdot \frac{m_1}{\rho}$$

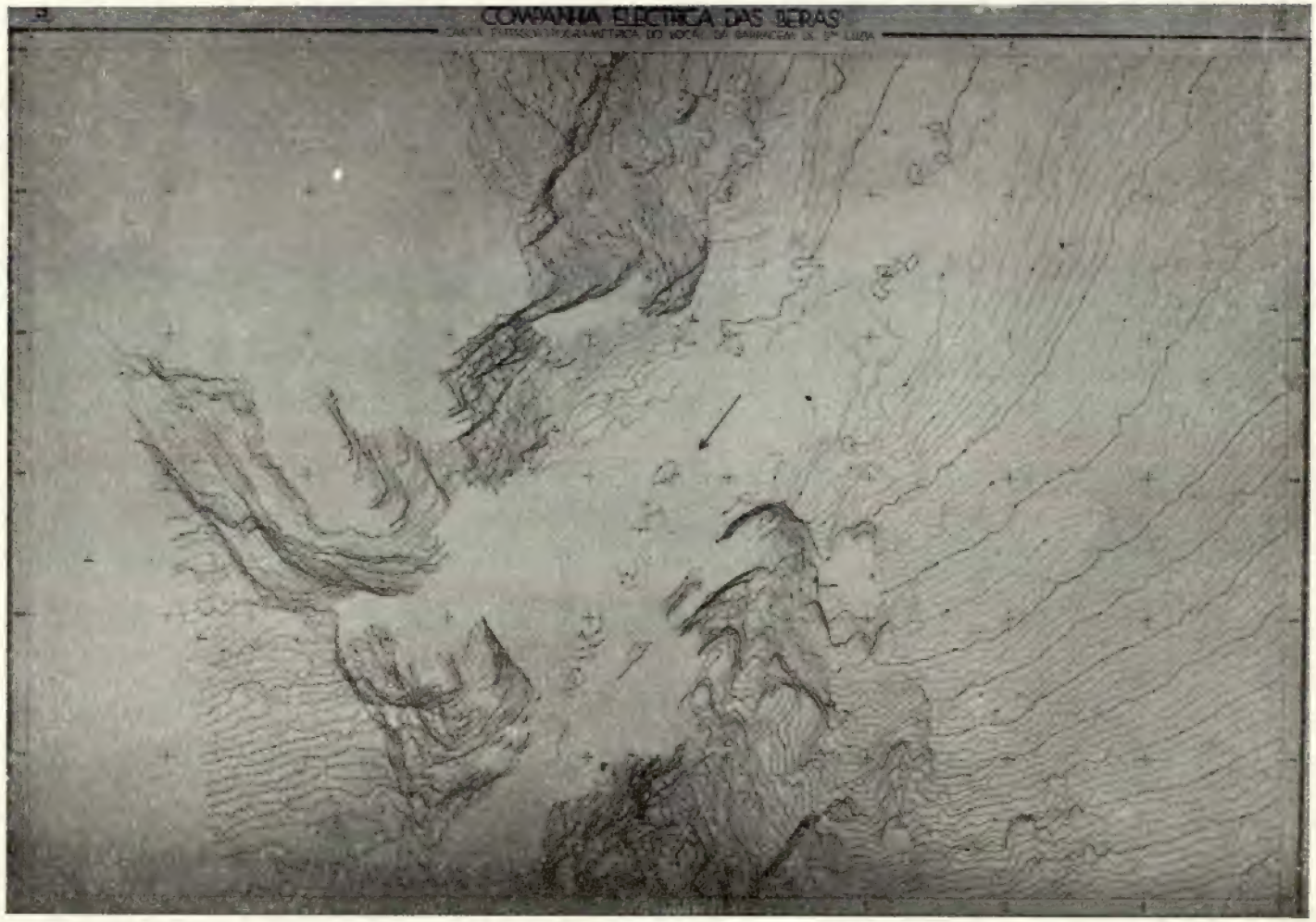
K — Distância horizontal do polo da base ao ponto considerado;

B — Projecção horizontal da base;

m_1 — Êrro médio de acuïdade visual estereoscópica igual a 40 segundos centesimais;

ρ = 636.620 segundos centesimais.

Par de fotografias, da garganta vista de montante, tiradas da base de Pedralvo (a fotografia superior corresponde à estação esquerda) com os eixos das câmaras horizontais, paralelos e oblíquos de 5 grados à direita ($\omega = 0^g$, $\psi = +5^g$). Os pontos fotogramétricos (envolvidos por um círculo a branco) estão sinalizados com cruzes pintadas a cal sôbre o terreno.



Reprodução na escala 1:1.250 de uma das cartas (na escala 1:250) do levantamento estereofotogramétrico, onde se vê a garganta formada pelo afloramento de quartzite.

As lacunas existentes não abrangem a região que interessa aos trabalhos a executar.

Estes pontos são sinalizados por acidentes identificáveis do terreno ou então, caso êles não existam, como aconteceu no caso presente, são constituídos por cruzes pintadas a cal sôbre o terreno. A determinação das suas coordenadas foi feita por meio de uma pequena triangulação topográfica.

A execução da restituïção [1] foi conduzida de modo a efectuar-se o traçado de tôdas as curvas sem se adoptar a convenção de escarpado, pois assim a altimetria da carta apresenta-se de mais fácil interpretação.

A fiel tradução do relêvo do terreno dada pelo traçado das curvas de nível permitiu definir muitos pontos do contacto do afloramento de quartzite com os xistos, elemento valiosíssimo para o estudo da implantação da barragem em que se tinha de atender ao importante problema da permeabilidade. A linha de contacto poderia ter sido completamente definida em face de um prévio reconhecimento geológico feito sôbre as fotografias, método que está modernamente a ser adoptado para a elaboração de cartas geológicas com o auxílio da fotogrametria.

É também possível fazer o traçado de perfis transversais de vales desde que as bases fotogramétricas sejam situadas com êsse fim.

Estudo dos erros [2] — Os erros planimétrico e altimétrico da carta, isto é, os erros cometidos no traçado dos acidentes planimétricos e no das curvas de nível são função dos erros cometidos em posição e altitude ao colocar a marca sôbre o modêlo estereoscópico, do êrro de graficismo (desenho) e do declive médio do terreno.

Os erros de colocação da marca sôbre o modêlo estereoscópico são função do comprimento da base fotogramétrica e das coordenadas semi-polares do ponto considerado em relação a um sistema de eixos com o centro no polo da base (ponto médio da base) e em que um dos eixos é vertical e o outro coincide com a projecção horizontal da base; uma daquelas coordenadas representa a distância do polo da base ao ponto considerado.

As expressões dêsses erros podem traduzir-se em nomogramas logarítmicos do tipo cartesiano, de fácil consulta, os quais permitem, dados os erros máximos admitidos, estudar a organização do trabalho de campo relativamente à distribuïção das bases fotogramétricas e suas características, e ainda, na altura da restituïção, fixar as máximas distâncias de trabalho; como os erros de posição são maiores que os erros de altitude, é em função dos primeiros que se fazem os estudos mencionados.

Dado que os comprimentos das bases fotogramétricas foram pequenos e como a restituïção se efectuou a curtas distâncias da base, os erros cometidos na restituïção do presente trabalho em posição e altitude foram sempre inferiores, respectivamente, a $\pm$ 10 cm. e $\pm$ 5 cm.

Conclusões — Acabo de vos apresentar um trabalho estereofotogramétrico terrestre que nos mostra o rigor conseguido com aquêle método, quando adoptado com perfeito conhecimento dos erros resultantes da sua aplicação.

Apresentei-vos também a opinião de um engenheiro especialista em geologia de barragens, onde se vê claramente que os processos clássicos têm de ser postos de parte quando se trata de levantamentos em que é necessário fazer uma fiel tradução do relêvo do terreno.

Para fundamentar esta afirmação direi ainda que, de harmonia com os princípios científicos da estereofotogrametria, as curvas de nível traçadas com a aplicação daquele processo são um *conjunto contínuo* de pontos obtidos com um êrro conhecido «a priori», ao passo que, nos métodos clássicos, as curvas de nível são traçadas a partir de um *conjunto descontínuo* de pontos obtidos por interpolação entre pontos de rigor conhecido.

E para terminar repetirei as últimas palavras de Maurice Lugeon ao condenar os processos clássicos de levantamento: «non pas de ces plan levés au tachéomètre, avec ces courbes de niveau arrondies qui font que l'on ne sait jamais où l'on se trouve sur le terrain, mais une carte levée par les procédés modernes de la stéréotopographie».

Janeiro de 1939.

---

(1) O trabalho de restituïção foi executado na S. P. L. A. L.

(2) Trata-se de erros médios quadráticos.

TARIFAS DE ENERGIA REACTIVA[1]

PELO ENG. ELECTR. (I. S. T.) J. FERREIRA DIAS
PROF. DO I. S. T.

B) — **Os encargos da energia reactiva.**

A existência da energia reactiva, traduzida pràticamente no exfasamento da corrente em relação à tensão, implica, para uma potência activa constante, o aumento da intensidade da corrente na razão inversa do factor de potência (cos φ, na corrente sinusoidal).

Resultam dêste facto, para a distribuïção, duas ordens de encargos:

a) redução da potência utilizável das máquinas e redes ou, para a mesma potência activa, maior despesa de estabelecimento;

b) aumento das perdas por efeito Joule em todo o circuito.

Analisemos separadamente cada um dêstes encargos.

1) — *Custo de estabelecimento.*

Seria simples supor que o custo de estabelecimento de uma instalação de produção e distribuïção de energia varia proporcionalmente à potência aparente e que, portanto, o seu valor específico por kW varia na razão inversa do cos φ. Mas resultariam daí dois erros, um por não existir essa proporcionalidade e outro, mais importante, por não ser justo considerar os preços de tôdas as partes da instalação como dependentes do factor de potência.

De facto, só nos alternadores, transformadores e linhas, aéreas ou subterrâneas, há dependência necessária e imediata entre o preço e o factor de potência para um valor constante da potência activa. Nas restantes partes eléctricas da central o preço é quási independente do cos φ; algumas peças (isoladores, transformadores de tensão, pára-raios) só dependem da tensão; outras (reguladores, relais, instrumentos de medida) são as mesmas, salvo os transformadores de intensidade, dentro de variações bastante sensíveis da potência das máquinas; outras, finalmente, (barras, seccionadores, disjuntores) são em geral dimensionadas tendo em vista a solidez mecânica, principalmente em caso de curto circuito, e têm sempre folga em relação à corrente que as atravessa em serviço normal. É certo que o aumento da potência das máquinas, exigido por um mau cos φ, se reflete num aumento da potência de curto circuito; mas trata-se de uma influência de segunda ordem, quási sempre sem importância prática.

Passemos à fôrça motriz. Se se montar uma central expressamente destinada a um mau factor de potência, a fôrça motriz (caldeiras e turbinas de vapor ou água) não lhe sente a acção (ressalvada a diferença das perdas Joule) porque se pode proporcionar convenientemente a potência das turbinas à dos alternadores. Mas se uma central, que foi montada na previsão de um factor de potência normal ou bom (0,8 ou 0,9), for obrigada a fornecer em excesso energia reactiva, parte da fôrça motriz passa a constituir capital improdutivo que, em boa justiça, deve ser levado à conta do cos φ.

É esta segunda hipótese que em geral se dá; é essa que consideraremos.

Merece ainda referência a acção do cos φ sobre os edifícios e obras hidráulicas ou acessórias, nesta última hipótese. Poderia em rigor admitir-se que parte do edifício da central, dependendo em dimensões da potência aparente, dependeria do factor de potência; mas como essa

---

[1] Continuação do n.º 94 da *Técnica*.

dependência não é rígida e outra parte, destinada a barramento e aparelhagem, não está sujeita a nenhuma acção, poderemos supor o conjunto independente do cos φ. À mesma conclusão mas por outra via, se chega para as obras hidráulicas. Se a potência activa diminui por se saturarem as máquinas com amperes reactivos, não se pode afirmar que esteja improdutiva uma parte do custo da barragem, porque se consegue com ela regularização melhor do que se contava, o que tem quási sempre valor inestimável; e mesmo que assim não seja há sempre o último recurso de montar mais máquinas. Do descarregador não vale a pena falar, imposto como é pelo caudal da cheia; e do canal e conduta se pode dizer como da barragem que, ou trabalham melhor por menores perdas de carga (com o que às vezes não perdem) ou trabalham como se previra com um grupo montado a mais.

Pode argumentar-se em favor do cos φ, que o mau factor de potência apenas satura a central à hora da ponta e lhe deixa no resto do dia ou do ano liberdade de produzir todos os amperes activos que puder vender; mas como cada consumo tem o seu horário, cortar o diagrama à hora da ponta é cortá-lo proporcionalmente em todas as ordenadas.

É sabido que o custo de produção de W kWh, consumidos durante um ano sob a ponta de P kVA, se pode exprimir por

$$K = a\,P + b\,W \qquad (1)$$

em que *a* representa o encargo por unidade de potência aparente, geralmente chamado *encargo fixo* (juro, amortização do capital, renovação do material, reparações, pessoal, administração contribuïções, seguros, etc.) [1] e em que *b* traduz o *encargo variável de exploração*, suposto constante para cada unidade de energia (combustível, água para caldeiras ou condensadores, lubrificação, remoção de cinzas, etc.).

Se designarmos por *h* o número de horas anuais de utilização da ponta, virá

$$W = P_a\,h$$

e como a potência activa P_a vale

$$P_a = P \cos\varphi = g\,P_o \cos\varphi$$

se representarmos por *g* o número de grupos de laboração e por P_o a potência aparente de cada um, obteremos para o custo de cada kWh

$$k = \frac{K}{W} = \frac{a}{h \cos\varphi} + b \qquad (2)$$

expressão onde importa estudar a composição dos coeficientes *a* e *b*.

O encargo fixo *a* pode dividir-se em duas partes: uma a_1 dependente da potência aparente dos grupos e outra a_2 dependente da potência activa que mede a ponta do diagrama e que, por hipótese, satura a central.

Será pois

$$a = a_1 + a_2$$

com

$$a_1 = f_1\,(P_o) \qquad \text{e} \qquad a_2 = f_2\,(P_a)$$

A parcela a_1 é constituída pelos encargos do capital referente à parte da instalação que varia com a potência aparente (máquinas e linhas) e pelas outras despesas fixas (reparações, pessoal, administração, etc.) que admitimos serem dependentes daquela mesma potência; a par-

[1] O encargo de reparações pode considerar-se função do tempo de serviço e, portanto, fixo, em instalações de serviço permanente. O encargo de pessoal, que por vezes se desdobra em parte fixa e parte variável, consideramo-lo como constante o que é simples e quási exacto.

cela a_2 corresponde, pelo contrário, aos encargos de capital da parte que atrás supuzemos não ser influenciada pelo factor de potência e que é, portanto, apenas função da potência activa (edifícios, obras hidráulicas e acessórias e aparelhagem).

Designemos por C o custo de primeiro estabelecimento da instalação e façamos

$$C = C_1 + C_2$$

sendo C_1 a parte correspondente às máquinas e linhas (dependente do cos φ para P_a constante) e C_2 a parte restante (não dependente do cos φ).

Os valores do capital por unidade de potência aparente de laboração serão

$$c_1 = \frac{C_1}{g\,P_o} \quad \text{e} \quad c_2 = \frac{C_2 \cos\varphi}{g\,P_o}$$

Se designarmos por D a despesa fixa de administração, pessoal, etc. e por *d* o encargo correspondente por kVA, será

$$d = \frac{D}{P} = \frac{D}{g\,P_o}$$

Se for *p* a percentagem de encargo fixo financeiro e de exploração (juro, amortização, renovação e reparações) poderemos escrever

$$a_1 = \frac{pc_1}{100} + d = \frac{p\,C_1}{100\,g\,P_o} + \frac{D}{g\,P_o}$$

$$a_2 = \frac{pc_2}{100} = \frac{p\,C_2 \cos\varphi}{100\,g\,P_o}$$

o que substituído na equação (2) dá

$$k = \frac{\dfrac{p\,C_1}{100\,g\,P_o} + \dfrac{D}{g\,P_o} + \dfrac{p\,C_2 \cos\varphi}{100\,g\,P_o}}{h \cos\varphi} + b =$$

$$= \frac{p\,C_1 + 100\,D}{100\,g\,P_o\,h \cos\varphi} + \frac{p\,C_2}{100\,g\,P_o\,h} + b$$

Se fizermos

$$k_1 = \frac{p\,C_1 + 100\,D}{100\,g\,P_o\,h \cos\varphi}$$

$$k_2 = \frac{p\,C_2}{100\,g\,P_o\,h} + b$$

teremos abreviadamente

$$k = k_1 + k_2$$

isto é, o preço do kWh é a soma de duas parcelas que, sem contar com a influência das perdas que estudaremos adiante, são, uma dependente e outra independente de cos φ.

Se o capital C_1 variasse proporcionalmente a P_o, isto é, se o custo de máquinas e linhas fôsse proporcional à potência aparente, a primeira parte de k_1 variaria na razão inversa do factor de potência qualquer que fôsse a potência instalada. Mas as coisas passam-se, na realidade, de forma diferente.

Comecemos pelas máquinas. Se admitirmos que a redução de potência activa dos gerado-

res e transformadores, por efeito da energia reactiva, foi suprida com a montagem de mais um grupo, poderemos considerar o capital de estabelecimento das máquinas proporcional à potência aparente, mas nesse caso o raciocinio anterior não tem aplicação porque aumentou o custo da aparelhagem. Nem êsse é o caso normal.

A hipótese mais natural consiste em supor que o número de grupos ficou o mesmo e que o acréscimo de P_r diminuiu P_a; e o que importa então calcular é o encargo que resulta de se produzir menos energia com cada uma das máquinas.

Ora o preço das máquinas, se excluirmos as pequenas potências abaixo de 5.000 kVA, cresce com a potência, sensìvelmente segundo uma lei linear mas não proporcional; e só esta zona nos interessa, porque procuramos uma tarifa de energia reactiva que deva ser aplicada pelos grandes distribuïdores públicos, a cujas máquinas podemos fixar, entre nós, a potência média de 8.000 a 10.000 kVA.

Poderemos portanto escrever, se designarmos por C'_1 o custo de cada grupo de laboração e por C_1'' o custo das linhas,

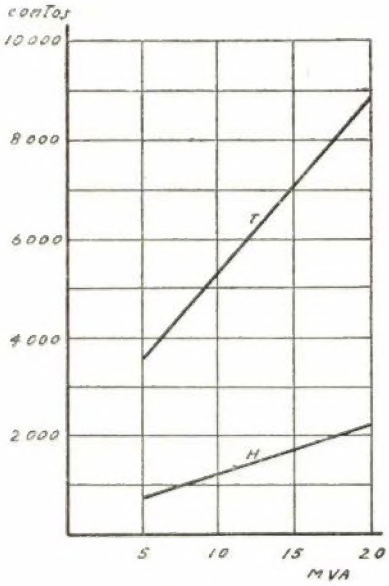


Fig. 1

$$C_1 = g\,C_1' + C_1''$$

e

$$g\,C_1' = g\,(m + n\,P_0)$$

e ainda (1)

$$k_1 = \frac{p\,[(g\,m + g\,n\,P_0) + C_1''] + 100\,D}{100\,g\,P_0\,h\cos\varphi} \qquad (3)$$

São muito variáveis os preços dos grupos geradores em função de outras características além da potência, e são instáveis as condições actuais do mercado, num período de alta, porventura transitório; mas poderemos considerar como características médias do grupo turbina-alternador-transformador das centrais hidráulicas, 100 a 150 m de queda e 30.000 V nos terminais de saída; e poderemos tomar para o grupo caldeira-turbina-alternador-transformador das centrais térmicas, 20 kg/cm² de pressão, 3.000 rot/min e 30.000 V nos terminais. Para estas características, as curvas H e T da Fig. 1 representam, respectivamente para aqueles grupos hidráulicos e térmicos, a variação do preço actual em função da potência.

Devendo a nossa produção de energia de serviço público vir a ser essencialmente hidráulica, mas não podendo nunca, pela incerteza do nosso clima, dispensar-se completamente a regu-

---

(1) Como ficou dito atrás esta expressão foi deduzida supondo montada uma máquina de potência aparente P_0, cuja potência activa diminui com o factor de potência. Poderiamos encarar a hipótese de supor a potência activa constante e a potência aparente aumentada na razão inversa do $\cos\varphi$, e estudar o encargo daí resultante. Êste critério corresponderia a substituir na fórmula (3) P_0 por $P_0' = \frac{P_0}{\cos\varphi}$. A parte correspondente a C_1' viria

$$\frac{p\,(m + n\,P_0)}{100\,P_0\,h\cos\varphi} = \frac{p}{100\,h}\left(\frac{m}{P_0\cos\varphi} + \frac{n}{\cos\varphi}\right) = \frac{p}{100\,h}\left(\frac{m}{P_0'} + \frac{n}{\cos\varphi}\right)$$

O termo em que entra o preço fixo *m* viria independente de $\cos\varphi$, o que reduziria o preço do kWh e, portanto, o encargo da energia reactiva em relação à primeira hipótese; mas é fácil de perceber que a diferença está apenas em se instalar no 2.º caso uma máquina mais potente e, conseqüentemente, mais barata por unidade. A hipótese adoptada no texto parece a mais razoável.

larização térmica, e sendo de presumir que a influência do cos φ se fará sentir diferentemente nos dois casos, teremos que considerar separadamente as duas hipóteses.

Se admitirmos uma reserva de máquinas de 50 % (1 grupo de reserva para 2 de laboração) o que já é bastante bom, deveremos multiplicar por 1,5 as ordenadas das duas curvas para termos o verdadeiro preço por kVA de laboração; mas como os preços actuais, se o mundo chegar a normalizar-se, devem poder descer cêrca de 20 a 25 %, afigura-se não ser justo tomar os valores assim obtidos, mas dever atribuir-se-lhes uma redução de 20 %. Como por outro lado, há que contar com fundações e montagem, damos as coisas como compensadas, e virá então para cada grupo hidráulico, em escudos.

$$m = 300.000 \times 1,5 = 450.000\$$$

$$n = 92 \times 1,5 = 143\$$$

e para cada grupo térmico

$$m = 1.800.000 \times 1,5 = 2.700.000\$$$

$$n = 350 \times 1,5 = 525\$$$

É para ponderar que um sistema produtor como o nosso, com centrais de serviço temporário (verão e inverno), tem certa facilidade na compensação do factor de potência, porque em período sêco há sempre grupos hidráulicos que não andam por falta de água, e em período úmido há sempre centrais térmicas ou hidráulicas que não andam porque não são precisas; e dêstes geradores se podem fazer compensadores sincronos a dar-nos kVArh em troca de 5 % do seu número de kWh de perdas.

Não parece, porém, que esta circunstância deva levar-nos a reduzir os encargos atribuídos à energia reactiva, tal como os estamos calculando, porque nem sempre os grupos são fàcilmente adaptáveis a esta marcha, porque a compensação traz encargos de exploração e outras perdas além dos 5 % do gerador, e porque os compensadores nem sempre estarão colocados onde mais convém, fazendo circular por linhas muito longas os amperes reactivos e só podendo, muitas vezes, compensar parte da instalação em serviço.

Uma última circunstância há ainda a considerar quanto ao encargo das máquinas. As perdas por efeito Joule aumentam em todo o circuito com a energia reactiva e êsse aumento implica menor quantidade de energia vendida, para a mesma quantidade produzida. A influência dêste facto no custo do kWh poderá ter-se em conta corrigindo a utilização considerada nas fórmulas atrás.

Seja W_1 o número de kWh produzidos, W_2 o número de kWh de perda Joule no circuito para cos $\varphi = 1$, e W_3 o mesmo número para cos φ qualquer.

A utilização h que entra nas expressões anteriores refere-se evidentemente aos kWh vendidos; a correcção está em calcular essa utilização, não em relação a $W_1 - W_2$ mas em relação a $W_1 - W_3$.

Se a diferença das perdas $W_3 - W_2$ fôr uma percentagem j da energia vendida quando o factor de potência era máximo, será

$$W_3 - W_2 = \frac{j\,(W_1 - W_2)}{100} \qquad (4)$$

e a correcção procurada consistirá em multiplicar h por

$$1 - \frac{j}{100}$$

Adiante falaremos do valor de j.

Analisemos o que se passa nas linhas. Como deixámos dito não pensamos que deva tarifar-se a energia reactiva ao consumidor industrial ou agrícola em baixa tensão, porque é humano deixá-lo na ignorância de problemas tão pouco acessíveis e porque não chega a $^1/_5$ do consumo de fôrça motriz nas rêdes públicas de Portugal, a parte que corresponde à baixa tensão.

Procuraremos portanto definir os encargos da energia reactiva nas linhas de alta tensão, até à entrada do posto de transformação do consumidor, sem nos preocuparmos com a sua influência nos transformadores abaixadores e nas rêdes de baixa.

São muito variáveis as condições em que se faz o transporte e distribuïção da energia em alta: ou há, como limite superior, linhas de muito alta tensão com sub-estações e linhas distribuïdoras, em geral a 15 kV, ou há, como limite inferior, saídas directas a 15, 10 ou 6 kV.

Na impossibilidade de adoptar uma solução para cada caso, há que recorrer, como a propósito das máquinas, a um termo médio; e por isso suporemos a energia distribuída a 30 kV, que é a tensão atrás atribuída aos terminais dos transformadores elevadores.

Se as linhas são subterrâneas, podemos considerar como limite da potência transportável a que corresponde à densidade da corrente imposta pelo aquecimento. Poderemos assim constituir o seguinte quadro (1):

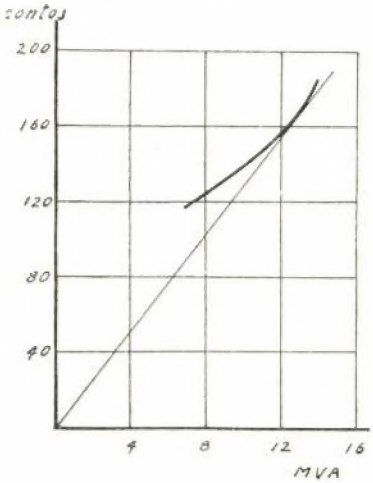


Fig. 2

Secção mm²	Corrente máxima A	Densidade A/mm²	Potência transportável kVA	Prêço por quilómetro Esc.
35	135	3,85	7000	118.000$00
50	165	3,30	8600	130.000$00
70	200	2,85	10400	142.000$00
95	240	2,52	12500	160.000$00
120	270	2,24	14000	185.000$00

Com as duas últimas colunas dêste quadro construimos a Fig. 2, que nos dá o prêço em função da potência para cabos de 30 kV e que nos mostra a subida rápida do custo por kVA nas altas secções, como conseqüência do crescimento do prêço e da diminuïção da densidade da corrente. Da mesma figura se conclui que o transporte mais económico corresponde à potência de 12.500 a 13.000 kVA, isto é, à secção de 95 mm².

Mas o caso que principalmente nos interessa, por ser o mais corrente, é o das linhas aéreas; e como nestas a densidade de corrente significa pouco, adoptaremos o critério da queda de tensão, supondo a linha sem capacidade. Consideraremos condutores multifilares de cobre com 7 fios, distanciados entre si $1^m,20$.

A queda de tensão por fase, como é sabido, é dada muito aproximadamente por

$$v = RI\cos\varphi + \omega LI\,\mathrm{sen}\,\varphi$$

ou, substituindo R e L pelos seus valores,

$$v = \frac{\rho l}{s} I\cos\varphi + \omega I\,\mathrm{sen}\,\varphi\left(0{,}5 + 4{,}6\log\frac{d}{r}\right)10^{-4}$$

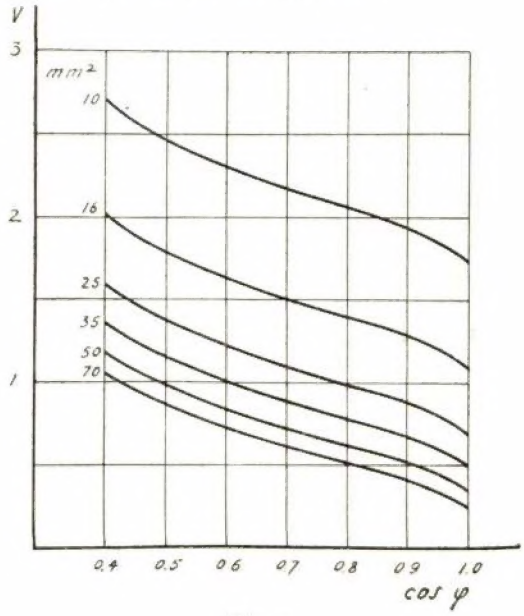


Fig. 3

(1) Intensidades do *Vorschriftenbuch des V. D. E.* (21.ª ed. — 1937).